



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 198 23 050 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>  
**F 16 H 63/40**  
F 16 H 59/04  
F 16 H 61/26

②① Aktenzeichen: 198 23 050.8  
②② Anmeldetag: 22. 5. 98  
④③ Offenlegungstag: 3. 12. 98

DE 198 23 050 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:  
197 22 694. 9      30. 05. 97

⑦① Anmelder:  
LuK Getriebe-Systeme GmbH, 77815 Bühl, DE

⑦② Erfinder:  
Berger, Reinhard, 77815 Bühl, DE; Esly, Norbert,  
77815 Bühl, DE; Hirt, Gunter, 77839 Lichtenau, DE;  
Rogg, Andreas, 77815 Bühl, DE; Henneberger,  
Klaus, 77815 Bühl, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Kupplung und/oder eines Getriebes  
⑤⑦ Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung einer Kupplung und/oder eines Getriebes.

DE 198 23 050 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lernen charakteristischer Orte der Betätigungsgeometrie eines automatisierten Schaltgetriebes gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Die Erfindung betrifft weiter eine Vorrichtung zum Lernen charakteristischer der Betätigungsgeometrie eines automatisierten Schaltgetriebes gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 22.

Die Automatisierung von Schaltgetrieben, bei denen ein Schaltglied vorgesehen ist, mit dem unter Durchfahren einer Wahlgasse verschiedene Schaltgassen angefahren werden können, innerhalb derer dann eine Gangschaltung möglich ist, gewinnt in jüngerer Zeit zunehmend an Bedeutung. Solche automatisierte Schaltgetriebe sind kostengünstiger als Planetengetriebe und arbeiten mit besserem Wirkungsgrad.

Für eine einwandfreie Schaltung ist es erforderlich, das Schaltglied mittels der Aktuatereinrichtung längs einer Betätigungsgeometrie möglichst genau zu verfahren. Wenn diese Betätigungsgeometrie in einer mikroprozessorgesteuerten Programmsteuerung abgespeichert ist, ist es möglich, rasch und exakt zu schalten. Ein in der Praxis auftretendes Problem liegt darin, daß die genaue Betätigungsgeometrie infolge von Toleranzen auch bei Getrieben gleicher Bauart unterschiedlich ist und sich im Laufe der Betriebszeit infolge von Verschleiß an unterschiedlichsten Stellen verändert.

Zur Lösung dieses Problems wird in der US-PS 5,305,240 ein computergestütztes Verfahren zur Kalibrierung der Neutralposition eines elektrisch betätigten X-Y-Schaltmechanismus vorgeschlagen, wobei das Schaltglied in X-Richtung zur Auswahl der Schaltgassen und in Y-Richtung in Eingriff mit Anlageflächen eines Schaltblocks bewegbar ist. Das Schaltglied wird in Anlage an die jeweiligen Anlageflächen der Schaltblöcke bewegt, wobei die Position, in der die Anlage erfolgt, erkannt wird. Aus den beiden Anlagepositionen an den Anlageflächen eines Schaltblocks wird eine Neutralposition errechnet, wobei diese Bestimmung der Neutralposition jedes Mal beim Anhalten des Fahrzeugs durchgeführt wird, so daß die Neutralpositionen laufend aktualisiert sind. Eine Eigenart dieses bekannten Verfahrens liegt darin, daß die Betätigungsgeometrie lediglich durch innerhalb der Wahlgasse liegende charakteristische Orte erfaßt und laufend aktualisiert wird.

Aus der US-PS 4,856,360 ist ein Verfahren zum Lernen charakteristischer Orte der Betätigungsgeometrie eines automatisierten Schaltgetriebes bekannt, bei dem innerhalb der Schaltgassen die Synchronisationspunkte erfaßt werden.

Beiden genannten Druckschriften ist gemeinsam, daß das Erfassen des Erreichens der charakteristischen Orte durch das Schaltglied dadurch erfolgt, daß aus der Stromaufnahme von Elektromotoren zur Betätigung des Schaltgliedes auf ein erhöhtes Drehmoment geschlossen wird. Diese Strommessung bedingt zusätzliche elektrische Schaltungselemente, wie Strommeßwiderstände, Leitungen usw., was den Aufbau der Steuerung insgesamt verkompliziert. Die Information, die mit den geschilderten bekannten Verfahren über die Betätigungsgeometrie des automatisierten Schaltgetriebes erzielt wird, gibt die Betätigungsgeometrie nur ungenau wieder und gestattet ein Aktualisieren der gespeicherten Daten nur in verhältnismäßig großen Abständen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Lernen charakteristischer Orte in der Betätigungsgeometrie eines automatisierten Schaltgetriebes zu schaffen, das bzw. die eine laufend aktualisierbare, Kenntnis der Betätigungsgeometrie derart erlaubt, daß Schaltungen rasch, präzise und betriebssicher durchgeführt

werden können.

Der das Verfahren betreffende Teil der Erfindungsaufgabe wird mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst.

Erfindungsgemäß werden charakteristische Orte erfaßt und abgespeichert, die sowohl die Wahlgasse als auch die Schaltgassen beschreiben, wodurch die Betätigungsgeometrie insgesamt in der Speichereinrichtung abgebildet wird.

Durch die genaue Kenntnis der Betätigungsgeometrie und deren laufende Aktualisierung ist es möglich, Schaltvorgänge bei Bedarf außerordentlich rasch durchzuführen, da für den Schaltvorgang selbst ein gesteuerter Ablauf möglich ist und nicht zwangsläufig ein geregelter Ablauf erfolgen muß, bei dem der Ort des Schaltgliedes während dessen Bewegung über die Ortssensoren laufend rückgekoppelt wird.

Die Ansprüche 2 und 3 sind auf besonders vorteilhafte Durchführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens gerichtet, da damit auch während der Bewegung des Schaltgliedes laufend Daten über die Betätigungsgeometrie des Schaltgetriebes gewonnen werden können, so daß eine Aktualisierung praktisch laufend erfolgt.

Die Ansprüche 4 und 5 sind auf zwei vorteilhafte Verfahren zum Erfassen linienförmiger charakteristischer Orte gerichtet.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 6 ist es auf einfache Weise möglich, bei Betriebsbeginn oder bei einer Erst- oder einer Wiederinbetriebnahme, zum Beispiel im Servicefall, von einem minimalen Datensatz in der Speichereinrichtung auszugehen und die zunächst noch nicht ermittelten Werte während der Inbetriebnahme im Betrieb zu ermitteln und dann laufend zu aktualisieren.

Die Ansprüche 7 bis 11 sind auf vorteilhafterweise verwendete charakteristische Orte, die auch gerade oder gekrümmte Linien einschließen, gerichtet.

Gemäß dem Anspruch 12 können die ermittelten charakteristischen Orte in der Speichereinrichtung unmittelbar gespeichert werden oder gemäß dem Anspruch 13 aus den ermittelten charakteristischen Orten mathematisch Orte berechnet werden, die dann gespeichert werden.

Gemäß dem Anspruch 14 wird die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch verbessert, daß Elastizitäten zwischen dem Schaltglied und der mit ihm in Eingriff befindlichen Bauteile berücksichtigt werden.

Gemäß dem Anspruch 15 erfolgt bei Erkennen der charakteristischen Orte oder laufend ein Absolutabgleich der Ortssignale, was die Betriebssicherheit und Geschwindigkeit der automatisierten Schaltung verbessert.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 16 und/oder 17 ist es möglich, das Erreichen eines charakteristischen Ortes durch das Schaltglied ohne Strommessung des Antriebsmotors zu erkennen, indem beispielsweise aus einem in der Speichereinrichtung der Programmsteuerung abgelegten Motorkennfeld das Drehmoment errechnet wird, das der Motor bei der an ihm liegenden Spannungsversorgung und der daraus resultierenden Motorbewegung abgibt.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 18 wird der Vorteil erzielt, daß bei Erreichen eines charakteristischen Ortes unmittelbar Information über beide Koordinatenrichtungen gewonnen wird.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 19 kann auch während des Betriebs eines mit dem automatisierten Schaltgetriebe ausgerüsteten Fahrzeugs, d. h. bei eingeschaltetem Gang und Drehmomentübertragung, Information über die Betätigungsgeometrie des Schaltgetriebes gewonnen und aktualisiert werden.

Der Anspruch 22 kennzeichnet eine vorteilhafte Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, die in den Ansprüchen 23 bis 25 weitergebildet wird.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Nullabgleich einer Inkrementalmessung in der Bewegungsübertragung von einem Aktor zu einem Betätigungsglied einer Einrichtung zur Änderung der Übersetzung zwischen einem Antriebsmotor und wenigstens einem Rad eines Kraftfahrzeugs. Die Erfindung betrifft weiter eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.

Die Automatisierung von Schaltgetrieben in Kraftfahrzeugen gewinnt in jüngerer Zeit zunehmend an Bedeutung. Solche automatisierten Schaltgetriebe sind kostengünstiger als automatische Getriebe mit Wandler und Planetensätzen oder als stufenlos arbeitende Automatgetriebe. Weiter sind automatisierte Schaltgetriebe mit geringeren Reibungsverlusten als solche automatischen Getriebe behaftet, was den Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugen senkt.

Die Kupplung und die Schaltung selbst wird bei solchen automatisierten Schaltgetrieben mittels Aktoren betätigt, beispielsweise Elektromotoren, Hydraulikzylindern usw., wobei am Aktor ein Inkrementalgeber angeordnet ist, der bei einer Weiterbewegung des Aktors um ein bestimmtes Maß (Inkrement) einen Impuls erzeugt, so daß die Zahl der Impulse der Stellung eines Kupplungsbetätigungsglieds und/oder von Schaltungsbetätigungsgliedern zugeordnet werden kann.

In der Praxis kann es vorkommen, daß einzelne Inkremente bei der Zählung verloren gehen, was zu Ungenauigkeiten in der absoluten Positionsbestimmung führt. Von Zeit zu Zeit oder bei Eintreten bestimmter Bedingungen muß daher ein Referenzpunkt angefahren werden, um die absolute Positionsbestimmung nachzueichen bzw. abzugleichen. Dafür werden Nullabgleichsschalter eingesetzt, die bei Erreichen des Referenzpunktes schließen und einen Abgleich des Zählstandes ermöglichen. Solche Nullabgleichsschalter bedeuten zusätzlichen Aufwand an Bauteilen, Verkabelung usw., was die Kosten erhöht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art derart weiterzuentwickeln, daß auf einfache Weise ein sicherer Nullabgleich möglich ist. Der Erfindung liegt weiter die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens anzugeben.

Der das Verfahren betreffende Teil der Erfindungsaufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 26 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren erfordert keinen zusätzlichen Nullabgleichsschalter. Das Erreichen der vorbestimmten Stellung, die durch eine Rastung oder sonstwie herbeigeführte Widerstandsänderung für die Bewegung des Betätigungsgliedes oder auch durch einen Anschlag gebildet sein kann, wird allein dadurch erkannt, daß das Steuergerät Betriebsparameter des Aktors auswertet und beispielsweise über eine Vergrößerung des von einem Elektromotor bei gleicher Spannung aufgenommenen Stroms oder durch eine plötzliche Drehzahländerung das Erreichen der vorbestimmten Stellung erkennt.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 27 ist ein besonders genauer Nullabgleich möglich, da Ungenauigkeiten in Folge von bestehenden Elastizitäten kompensiert werden.

Vorteilhafterweise ist die bestimmte Stellung gemäß dem Anspruch 28 durch einen Anschlag definiert, über den hinaus das Betätigungsglied nicht bewegt werden kann.

Der Anspruch 29 kennzeichnet den grundsätzlichen Aufbau einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Die Ansprüche 30 bis 34 sind auf vorteilhafte Merkmale der erfindungsgemäßen Vorrichtung gerichtet.

Gemäß den Ansprüchen 35 und 36 wird mittels des Betätigungsgliedes ein Schaltgetriebe betätigt.

Das Betätigungsglied kann gemäß dem Anspruch 37 auch zum Betätigen einer Kupplung vorgesehen sein.

Die Erfindung wird im folgenden anhand schematischer

Zeichnungen beispielsweise und mit weiteren Einzelheiten als Ausführungsbeispiel erläutert. Es stellen dar:

Fig. 1 ein Blockschaltbild der Steuerung des Schaltgliedes eines automatisierten Schaltgetriebes;

Fig. 2 und 3 Schnittansichten zur Erläuterung des Zusammenwirkens des Schaltgliedes mit weiteren Bauteilen eines Schaltgetriebes;

Fig. 4 und 5 perspektivische Ansichten zweier verschiedener Betriebszustände des Schaltgetriebes;

Fig. 6 eine perspektivische Ansicht einer Kulissee zur Führung des Schaltgliedes;

Fig. 7 bis 12 Darstellungen zur Erläuterung der Wirkungsweise einer Schaltsperre,

Fig. 13 bis 15 Darstellungen zur Erläuterung der Wirkungsweise einer anderen Ausführungsform einer Schaltsperre;

Fig. 16 bis 21 Darstellungen der Betätigungsgeometrie eines Schaltgetriebes zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 22 und 23 Darstellungen eines Minimalschaltbildes;

Fig. 24 bis 27 Erläuterungen zur Verfahrensweise bei der Ermittlung charakteristischer Orte

Fig. 28 bis 31 Betätigungsgeometrien mit charakteristischen Orten, bei deren Erreichen Daten über beide Koordinatenrichtungen erhalten werden.

Fig. 32 und 33 Darstellungen zur Erläuterung der Ermittlung einer Schaltungsendlage,

Fig. 34 ein Kennfeld eines Elektromotors,

Fig. 35 eine Erläuterung von Schaltvorgängen,

Fig. 36 und 37 Programmflußbilder von Vorgängen gemäß Fig. 35,

Fig. 38 eine Einrichtung zur Betätigung eines Schaltgetriebes bzw. einer Kupplung,

Fig. 39 ein Blockschaltbild für die Ansteuerung der Einrichtung gemäß Fig. 38,

Fig. 40 einen Inkrementalsensor,

Fig. 41 ein Blockschaltbild zur Ansteuerung eines Elektromotors,

Fig. 42 bis 45 verschiedene Ausführungsformen von Kurvengetrieben,

Fig. 46 und 47 zwei Beispiele für in Kurvengetrieben vorgesehenen Anschläge und

Fig. 48 ein Flußdiagramm eines Abgleichs.

Gemäß Fig. 1 ist ein Schaltglied 2 eines Schaltgetriebes linear in Richtung des Doppelpfeils W bewegbar und axial in Richtung des Doppelpfeils S schwenkbar, wobei W für Wählen der Gasse und S für Schalten steht. Zum Antrieb der Linearbewegung ist ein Elektromotor 4 vorgesehen, zum Antrieb der Schwenkbewegung ein Elektromotor 6. Für die Elektromotoren 4 und 6 sind Treiberschaltungen 8 und 10 vorgesehen, die die Elektromotoren 4 und 6 beispielsweise mit hinsichtlich ihrer Impulsweite modulierten Spannungsimpulsen konstanter Höhe versorgen. Die Treiberschaltungen 8 und 10 werden von einem elektronischen Steuergerät 12 aus angesteuert, das in an sich bekannter Weise einen Mikroprozessor 12a, Speichereinrichtungen 12b sowie ggf. Interfaces 12c, 12d aufweist, mit denen analoge Eingangssignale in digitale Eingangssignale bzw. digitale Ausgangssignale in analoge Ausgangssignale umgewandelt werden. Die Bewegung des Schaltgliedes 2 bzw. der Betrieb der Elektromotoren 4 und 6 wird über Sensoren 14 und 16 erfaßt, die beispielsweise als Inkrementenzähler ausgebildet sind und bei jeder Drehung des Elektromotors um einen vorbestimmten Winkel einen Impuls abgeben. Die Ausgangssignale der Sensoren 14 und 16 werden dem Steuergerät 12 zugeführt, das an weiteren Eingängen 18 Signale über den Betriebszustand eines nicht dargestellten Antriebsmotors eines Fahrzeugs erhält und in Abhängigkeit von diesen Signa-

len das Schaltglied 2 zur Durchführung bestimmter Schaltprogramme steuert.

Es versteht sich, daß dem Steuergerät 12 zahlreiche weitere Signale zugeführt werden können, beispielsweise von Endlagenschaltern in dem nicht dargestellten Getriebe, und daß das Steuergerät 12 weitere Baugruppen steuern kann, beispielsweise eine nicht dargestellte Kupplung.

Im folgenden wird zur weiteren Erläuterung der Erfindung der an sich bekannte Aufbau von Schaltgetrieben kurz dargestellt:

Fig. 2 und 3 zeigen Schnittansichten von für die Betätigung eines Schaltgetriebes wesentlichen Teilen:

Das Schaltglied 2 ist in einem Gehäuse 20 verschiebbar (Doppelpfeil W) und schwenkbar (Doppelpfeil S) gehalten und endet in einem Schaltfinger 22, der zum Eingriff in verschiedene Schaltgabeln in Richtung des Doppelpfeils W verschiebbar ist und bei Drehung in Richtung des Doppelpfeils S jeweils eine der Schaltgabeln 24, 26 oder 28 linear verschiebt. Es gibt auch andere Getriebekonstruktionen, bei denen beispielsweise der Wählvorgang (Auswahl der Schaltgabel) durch ein Verschwenken des Schaltgliedes herbeigeführt wird und das Betätigen der Schaltgabel zum Einschalten eines Ganges durch eine Linearbewegung hervorgerufen wird.

Die Linearführungen der Schaltgabeln sind mit 30 und 32 bezeichnet.

Fig. 2 zeigt das Schaltglied 2 in seiner obersten Stellung, in der der Finger 22 an einem getriebegehäuseseitigen Anschlag anschlägt. Fig. 3 zeigt das Schaltglied 2 in seiner untersten Stellung, in der ein auf der dem Schaltfinger 22 gegenüberliegenden Seite des Schaltgliedes 2 ausgebildeter Ansatz 34 an einem gehäusefesten Anschlag 36 anliegt. Bei 34 handelt es sich um einen weiteren Schaltfinger für den Rückwärtsgang, dessen Weg nach unten durch das Anschlagen an die Schaltstange begrenzt ist.

Fig. 4 und 5 zeigen schematische Perspektivansichten von Teilen der Fig. 2 in verschiedenen Betriebszuständen. Gemäß Fig. 4 befindet sich der Schaltfinger 22 des Schaltgliedes 2 in seiner Neutralposition, in der er in Richtung der Wählbewegung W frei zwischen den Schaltgabeln 24, 26 und 28 hin- und herbewegbar ist.

In Fig. 5 befindet sich der Schaltfinger 22 innerhalb der Schaltgabel 24 und ist gemäß Fig. 5 in Schaltrichtung nach links bewegt, so daß die Schaltgabel 24 ebenfalls nach links bewegt ist und einen entsprechenden Gang geschaltet hat. In der Stellung gemäß Fig. 5 ist die Wählbewegung des Schaltfingers 22 gesperrt, da der Schaltfinger 22 bei einer Wählbewegung nach unten in Anlage an einen Schenkel der benachbarten Schaltgabel 26 gelangt. Es versteht sich, daß sich die in Fig. 2 kreisförmig dargestellte Schaltbewegung des Schaltgliedes 2 bei genauer Darstellung in eine Kreisbewegung des Schaltfingers 22 umsetzt; bei den kleinen Schwenkbewegungen und den Hebelverhältnissen kann diese Kreisbewegung jedoch durch den linearen Doppelpfeil S angenähert werden.

Die anhand der Fig. 2 bis 5 beschriebene Ausführungsform der Getriebebetätigung führt insgesamt zu einer im allgemeinen als H-förmig bezeichneten Bewegbarkeit des Schaltfingers 22, wobei der Schaltfinger 22 innerhalb einer sog. Wahl oder Neutralgasse in Richtung des Doppelpfeils W verschiebbar ist und innerhalb dreier oder mehrerer zu der Wahlgasse senkrechter Schaltgassen in Richtung des Doppelpfeils S verschiebbar bzw. verschwenkbar ist, wobei mit dieser Bewegung jeweils ein Schaltvorgang gekoppelt ist, so daß die jeweiligen Gassen Schaltgassen heißen. Die Schaltgassen sind durch die Bewegbarkeit der Schaltgabeln 22, 24 und 26 begrenzt, die Wahlgasse ist durch Anschläge am Getriebegehäuse begrenzt.

Alternativ kann das Schaltglied 2 gemäß Fig. 6 mit einem Zapfen 38 versehen sein, der in eine innerhalb eines getriebegehäuseseitigen Bauteils 40 ausgebildete Kulisse 42 eingreift, die eine Wahlgasse 44 und Schaltgassen 46, 48 und 50 bildet.

Zurückkommend nochmals auf die Fig. 4 kann es bei kulissenfreien Getriebebetätigungen vorkommen, daß der Schaltfinger 22 nicht sauber in Höhe einer der Schaltgabeln positioniert ist, so daß er bei einer Bewegung in Schaltrichtung zwei Schaltgabeln mitnehmen würde, was zu einer Zerstörung des Getriebes führen würde. Deshalb gibt es mechanische Sperrvorrichtungen, die im folgenden anhand der Fig. 7 bis 15 erläutert werden.

Fig. 7 zeigt eine perspektivische Ansicht des Schaltgliedes 2 mit Schaltfinger 22 und Gangsperrn 52 und 54; Fig. 8 zeigt einen Schnitt durch die Anordnung gemäß Fig. 7.

Wie ersichtlich, sind auf dem als Schalt- und Wählwelle ausgebildeten Schaltglied 2 zwei Gangsperrn 52 und 54 gelagert, von denen eine von oben her und die andere von unten her unmittelbar am Schaltfinger 22 anliegen und die auf ihrer vom Schaltfinger 22 abgewandten Seite des Schaltgliedes 2 derart in ein ortsfestes Bauteil 56 eingreifen, daß sie zusammen mit dem Schaltglied 2 nur in Wählrichtung bewegbar sind, nicht aber in Schaltrichtung bewegbar bzw. verschwenkbar sind. In Fig. 8 sind zusätzlich die drei Schaltgabeln 24, 26 und 28 eingezeichnet, wobei der Schaltfinger 22 in die mittlere Schaltgabel 26 eingreift.

Anhand der Fig. 9 bis 12 wird die Funktion der Anordnung gemäß Fig. 7 und 8 erläutert:

In Fig. 9 befindet sich der Schaltfinger 22 innerhalb der untersten Schaltgabel 28. Die Bewegbarkeit der beiden oberen Schaltgabeln 24 und 26 ist mittels der Gangsperrre 52 gesperrt. Das Schaltglied bzw. der Schaltfinger 22 kann innerhalb der Wahlgasse aufwärts bewegt werden.

Gemäß Fig. 10 befindet sich der Schaltfinger innerhalb der mittleren Schaltgabel 26. Die Gangsperrn 52 und 54 sperren die Bewegbarkeit der Schaltgabeln 24 und 28.

Gemäß Fig. 11 ist der Schaltfinger 22 nach rechts bewegt, so daß die Schaltgabel 26 zur Schaltung eines Ganges betätigt ist. Mittels der Gangsperrn 52 und 54 sind die Bewegbarkeiten der Schaltgabeln 24 und 28 gesperrt. Die Schaltgabeln 24 und 28 wiederum sperren eine Bewegbarkeit des Schaltfingers 22 in senkrechter Richtung.

Gemäß Fig. 12 steht der Schaltfinger 22 zwischen der Schaltgabel 26 und der Schaltgabel 28. Aus dieser Stellung heraus kann keine Verschiebung einer Schaltgabel erfolgen, da die Bewegungen aller Schaltgabeln durch die Gangsperrn 52 und 54 blockiert sind.

Fig. 13 bis 15 zeigen eine andere Ausführungsform einer Gangsperrereinrichtung, die verhindert, daß zwei Gänge gleichzeitig einlegbar sind. Jeweils dargestellt sind zwei Schaltgabeln 26 und 28, die mit linear geführten Schaltstangen 60 und 62 starr verbunden sind. Zwischen den beiden Schaltstangen 60 und 62 befindet sich ein Sperrstift 64, der derart dimensioniert ist, daß er voll in eine von an den Schaltstangen 60 und 62 ausgebildeten Kerben 66 bzw. 68 oder teilweise in beide Kerben eingreift. In Fig. 14 verfährt die Schaltgabel 26 mit der Schaltstange 60 nach rechts und drückt den Sperrstift 64 voll in die Kerbe 68 der Schaltstange 62. Der Sperrstift 64 ist in einer ortsfesten Führung linear beweglich geführt, so daß er eine Verschiebbarkeit der Schaltstange 62 sperrt.

Wenn, wie in Fig. 15 dargestellt, beide Schaltgabeln 26 und 28 gleichzeitig bewegt werden sollen (Kraft F), so gelangt der Sperrstift 64 aus keiner der beiden Kerben 66 und 68 heraus, so daß die Bewegbarkeit beider Schaltstangen 60 und 62 gesperrt ist und nicht zwei Gänge gleichzeitig eingelegt werden können. Bei ungleichen Kräften an den Schalt-

gabeln 24 und 26 wird der Sperrstift in die Kerbe der weniger belasteten Schaltstange eingedrückt, so daß die stärker belastete Schaltstange bewegt werden kann.

Bedingt durch die vorstehend beschriebenen Wegbegrenzungen für den Schaltfinger 22 ergibt sich eine Betätigungsgeometrie, innerhalb der der Schaltfinger 22 bzw. das Schaltglied 2 bewegt werden kann. Diese Betätigungsgeometrie wird im allgemeinen als H-Schaltbild bezeichnet und ist in Fig. 16 graumeliert dargestellt. Dabei ist Fig. 16 nur eine von vielen möglichen Anordnungen der Gänge und Anzahl der Gänge, wobei beispielsweise der Rückwärtsgang anders positioniert sein kann, lediglich 4 Gänge oder auch mehr als 5 Gänge oder 6 Vorwärtsgänge vorgesehen sein können usw. Maßgebliche charakteristische Orte der Bewegungsgeometrie sind beispielsweise die Endlagen EL der einzelnen Gänge und R (Rückwärtsgang) 1-5 (Vorwärtsgangstufen), die Neutralgasse NG2 zwischen den Gängen 5 und R bzw. 3 und 4, die Neutralgasse 1 zwischen den Gängen 3 und 4 bzw. 1 und 2, die Lage der Schaltgassen SG für die Gänge R und 1-5 sowie die Übergänge Ü zwischen den einzelnen Gängen, z. B. 4/2 zwischen dem vierten Gang und dem zweiten Gang sowie die Synchronpunkte, gestrichelt dargestellt, der Synchronpunkt SP2, bei dem die Synchronisierung des zweiten Gangs greift. Die beiden Neutralgassen NG1 und NG2 bilden zusammen die Wahlgasse WG.

Die Geometrien der einzelnen Teilbereiche der Betätigungsgeometrie können differieren hinsichtlich der Breite der Schaltgassen, die Lagen der Schaltgassen zueinander, des Abstandes zwischen den Gangendlagen, der Breite der Neutralgassen, der Lage der Neutralgassen zueinander, der Lage der Gangendlagen zu den Neutralgassen und der Maße und der Form der Übergänge zwischen den Schaltgassen und den Neutralgassen. Wenn, wie im vorliegenden Beispiel, das Schaltglied 2 von zwei voneinander unabhängigen Aktuatoren bzw. Motoren betätigt wird, von denen der eine die Wahlbewegung W und der andere die Schaltbewegung S hervorruft, ist es besonders zweckmäßig, die geometrischen Kenngrößen zur Beschreibung der Betätigungsgeometrie entsprechend diesen Richtungen aufzuteilen.

In Fig. 17 sind die in Schaltrichtung aufgenommenen charakteristischen Orte dargestellt, wie beispielsweise die Endlagenpositionen EL der einzelnen Gänge und die Begrenzungen der Neutralgassen G. Dabei wird zweckmäßigerweise von einem Bezugspunkt ausgegangen, der innerhalb oder außerhalb der Betätigungsgeometrie liegen kann, jedoch fest bleibt, da auf ihn alle Zählwerte der Inkrementalsensoren 14 und 16 (Fig. 1) bezogen werden, so daß diesen Zählwerten jeweils absolute geometrische Koordinaten entsprechen, die mit jeder neuen Ermittlung nachgereicht werden. Es kann auch zweckmäßig sein, den Bezugspunkt selbst beispielsweise auf die Mitte zwischen NG 2/1 und NG 2/2 zu legen, die jeweils bestimmt wird und der dann der Zählwert 0 zugeordnet wird.

Jede der beschriebenen Positionen bzw. charakteristischen Koordinaten läßt sich messen, da sie Begrenzungen für die Bewegbarkeit des Schaltgliedes 2 bilden, so daß der entsprechende Motor bei Erreichen eines dieser charakteristischen Orte bei gleichmäßiger Beaufschlagung mit Spannungsimpulsen seine Drehzahl vermindert, was in dem Steuergerät 12 festgestellt wird, so daß der zugehörige, vom Sensor 14 bzw. 16 gelieferte Zählwert als den betreffenden charakteristischen Ort kennzeichnendes Ortssignal gespeichert werden kann. Wenn in dem Steuergerät 12 ein Kennfeld für den zugehörigen Motor abgespeichert ist, das den jeweiligen Spannungsimpuls, die zugehörige Drehzahl und das wirkende Drehmoment enthält, so kann das jeweilige Drehmoment bestimmt werden und aus bekannten Elastizitäten zwischen dem Schaltglied und den mit ihm in Eingriff

befindlichen Bauteilen die Position, die das Schaltglied im drehmomentfreien Zustand einnehmen würde, ausgerechnet werden. Das Ortssignal kann entsprechend korrigiert werden, so daß die abgespeicherte Betätigungsgeometrie dem kräftefreien Zustand des Schaltgliedes 2 entspricht.

Fig. 18 zeigt eine Auswahl von Daten in Wählrichtung gemessen, wobei jedes Datum ebenfalls einem Anschlag des Schaltgliedes entspricht. SG bezeichnet jeweils Schaltgasse, die erste anschließende Ziffer bezeichnet den in der Schaltgasse geschalteten Gang und die zweite Ziffer bedeutet in Schaltrichtung des jeweiligen Ganges die linke Begrenzung (1) der Schaltgasse und die rechte Begrenzung (2) der Schaltgasse. Das gemäß Fig. 18 obere Ende der Wahlgasse ist mit WG1, das untere Ende mit WG2 bezeichnet.

Fig. 19 zeigt die Übergänge zwischen den Schaltgassen und der Wahlgasse bzw. den Neutralgassen, wobei es vorteilhaft ist, die einzelnen Übergangsstrecken Ü durch jeweils drei Punkte zu vermessen, zwischen denen eine Linie interpoliert wird als Gerade, Kreissegment, Ellipse, Parabel, Hyperbel mit Krümmung in der einen oder anderen Richtung (oder durch Polynome höheren Grades, wobei dafür mehrere Punkte benötigt werden).

Fig. 20 zeigt eine Möglichkeit, wie die gemäß Fig. 17 ermittelten Daten reduziert werden können, indem aus den Daten der Neutralgassenbegrenzungen durch Mittelwertbildung der Mittelwert der Neutralgasse 2 N2 und der Mittelwert der Neutralgasse 1 N1 berechnet wird. Die Endlagenwerte der einzelnen Schaltgassen werden dann vorteilhafterweise auf diese Mittelwerte N1 und N2 der Neutralgassen bezogen. Zur Beschreibung der Neutral- bzw. Wahlgasse in Schaltrichtung genügen zwei Daten, nämlich das Datum N1 und das Datum D N, das den Abstand zwischen N1 und N2 angibt.

Fig. 21 zeigt eine ähnliche Vorgehensweise für die Reduktion der gemäß Fig. 18 ermittelten Daten zur Festlegung der Mitten der Schaltgassen und deren Begrenzungen. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Mitten von sich gegenüberliegenden Schaltgassen jeweils fluchten.

Unter bestimmten Voraussetzungen können die in Fig. 20 und 21 erläuterten Mittelwerte der Gassenlagen und die Abstände der Endlagen von den Mittelwerten der Neutralgassen zu einem Minimalschaltbild gemäß Fig. 22 zusammengefaßt werden, das eine vereinfachte Darstellung der Betätigungsgeometrie ist und durch lediglich vier Werte gekennzeichnet werden kann, nämlich die geometrische Lage des Mittelpunktes M, den Abstand S der Schaltgassenendlagen und den Abstand W der Wahlgassenendlagen, wobei vorausgesetzt wird, daß M in der Mitte der Wahlgasse und der mittleren Schaltgasse liegt und jede Schaltgasse gleich lang ist und die Schaltgassen miteinander fluchten. Das so gebildete Minimalschaltbild läßt sich, wie in Fig. 23 dargestellt, im allgemeinen in die tatsächliche Betätigungsgeometrie derart einpassen, daß unter Überdeckung aller Toleranzfälle das Schaltglied auf dem Minimalschaltbild bewegt werden kann. Es ist somit vorteilhaft, das Minimalschaltbild anfänglich zu programmieren und als Startwerte für die selbstlernende Vermessung der Betätigungsgeometrie zu verwenden. Es versteht sich, daß der Betrieb eines Schaltgetriebes auch mit der vollständig abgespeicherten Betätigungsgeometrie, die vorher ermittelt wird, beginnen kann und die Betätigungsgeometrie dann laufend aktualisiert wird.

Für die Vermessung der Betätigungsgeometrie und deren laufende Aktualisierung gibt es unterschiedliche Verfahren, die vorteilhafterweise in Kombination angewendet werden:

#### a) "Statische" Abtastung

Dabei steht jeweils einer der Aktoren bzw. Motoren und

der andere Motor bewegt sich, bis das Schaltglied auf einen Anschlag trifft.

Fig. 24 verdeutlicht die Abtastung, bei der der einer Wahlbewegung zugeordnete Elektromotor das Schaltglied 2 in Wählrichtung jeweils um eine Strecke D W vorwärtsbewegt und anschließend bei konstant gehaltenem W der andere Elektromotor das Schaltglied in Richtung der Schaltbewegung bis zum Anschlag verfährt.

Fig. 25 verdeutlicht den umgekehrten Zustand, indem der die Schaltbewegung herbeiführende Elektromotor das Schaltglied 2 jeweils um eine Strecke D S bewegt und der andere Elektromotor das Schaltglied 2 anschließend bei konstant gehaltenem S so weit bewegt, daß es gegen einen Anschlag fährt.

#### b) "Dynamische" Abtastung

Fig. 26 und 27 verdeutlichen Möglichkeiten der dynamischen Abtastung, bei der beide Elektromotoren zur Bewegung des Schaltgliedes gleichzeitig mit verhältnismäßig hoher Geschwindigkeit in Betrieb sind:

Gemäß Fig. 26 tastet das Schaltglied den Übergangsbereich zwischen dem 4. Gang und dem Rückwärtsgang ab, indem gleichzeitig mit der Wahlbewegung nach oben eine Schaltbewegung nach rechts erfolgt, so daß zunächst der rechte Rand der Wahlgasse und dann der schräge Übergangsbereich abgetastet wird. Während des dargestellten ersten Teils der Bewegung bewegt sich der Motor zur Betätigung des Schaltglieds in Schaltrichtung trotz Spannungsbeaufschlagung zunächst nicht, was als Anschlag erkannt wird, wobei die Elastizitäten, wie oben beschrieben, herausgerechnet werden können. Wenn die Kante k dann überfahren wird, dreht sich auch der Motor in Schaltrichtung, wobei das erhöhte Drehmoment als Anlage gewertet wird.

Fig. 27 verdeutlicht den entgegengesetzten Fall, bei dem das Schaltglied aus der den Rückwärtsgang schaltenden Stellung nach links bewegt wird. Dabei wird es gleichzeitig in Wählrichtung nach unten bewegt, so daß es in Anlage an den in Bewegungsrichtung linken Rand der Schaltgasse des Rückwärtsgangs kommt und nach Erreichen der Kante a den schrägen Übergang abtastet.

Die Schaltkulissen oder Schaltbilder können bei einem automatisierten Schaltgetriebe gegenüber dem nicht automatisierten entsprechenden Handschaltgetriebe gezielt so modifiziert werden, daß Referenzpunkte für die Schaltbildvermessung zur Verfügung stehen.

Fig. 28 zeigt eine Ausführungsform einer Kulisse 42 (Fig. 6), bei der die Wahlgasse 44 nach rechts zu einer Ausnehmung 72 verlängert ist, in die der starr mit dem Schaltglied 2 verbundene Zapfen 38 einpaßt. Gelangt der Zapfen 38 in die Ausnehmung 72, so ist er nach rechts weder in Wählrichtung weiterbewegbar noch nach oben oder unten in Schaltrichtung. Diese Position bildet somit eine sehr rasche Möglichkeit zur Eichung des Systems in den beiden Koordinatenrichtungen.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 29 entspricht funktional der der Fig. 28, wobei D der mit dem Schaltglied 2 starr verbundene Zapfen 38 hier in eine Ausnehmung 72 eingreift, die in einem ortsfesten Bauteil ausgebildet ist. Weiter dargestellt sind die Schaltgabeln 24, 26 und 28, in die der Schaltfinger 22 eingreift.

Bei der Betätigungsgeometrie gemäß Fig. 30 bestehen zwischen der Wahlgasse und den Schaltgassen zwei Eckbereiche 74, die einen Anschlag für den Zapfen 38 bilden, in dem dessen Bewegbarkeit in beiden Koordinatenrichtungen gesperrt ist, so daß auch hier eine Möglichkeit zur raschen Ermittlung einer Bezugsposition gegeben ist. Es versteht sich, daß die strichpunktiert eingezeichnete Mittellage der

Wahlgasse einen vorbestimmten Versatz gegen die Referenzposition hat.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 31 entspricht funktional der der Fig. 30, wobei die Referenzposition hier durch eine Rückwärtsgangssperre gegeben ist, die bei der Betätigung des Schaltgliedes von dem Zapfen 38 gezielt angefahren wird, wenn beispielsweise langsam vom 4. Gang in den 5. Gang geschaltet werden soll.

Anhand der Fig. 32 und 33 wird im folgenden eine Möglichkeit beschrieben, mit der eine Gangendlage oder Gangendlage sicher und präzise bestimmt werden kann:

Dargestellt ist der die Schaltbewegung des Schaltgliedes 2 herbeiführende Elektromotor 6 (Fig. 1), der über nicht im einzelnen dargestellte Übertragungsglieder 78, zu denen auch das Schaltglied 2 gehört, sowie eine Schiebemuffe mit der Synchronisierung und Schaltverzahnung 80 verbunden ist. Die gesamte Aktorik bzw. Betätigungseinrichtung ist naturgemäß nicht ideal starr, sondern besitzt eine gewisse Elastizität, die durch die Feder 84 schematisch angedeutet ist. Die Elastizität kann definiert mit beliebiger Charakteristik gezielt eingebaut werden. Die Schaltverzahnung 80 weist eine Hinterlegung 86 auf, deren Zweck darin liegt, daß ein Gang unter Last nicht herauspringt. In Gegenrichtung zur Hinterlegung begrenzt ein Endlagenanschlag 88 den Weg der nicht dargestellten Schiebemuffe.

Sei angenommen, daß der Triebstrang verspannt ist und man versucht, den Gang in Richtung "neutral" (Pfeil nach links) gemäß Fig. 33 herauszunehmen. Die Pfeile gemäß Fig. 33 verdeutlichen das Kräftegleichgewicht, wobei bedeuten:

M: Triebstrangmoment

R: Wirkradius

$F_N$ : Normalkraft

m: Reibwert

$F_{H \text{ Grenz}}$ : Kraftschwelle zum Gangrausnehmen.

Die Rechnung ergibt für die Kraft  $F_{H \text{ Grenz}}$  folgende Formel:

$$F_{H \text{ Grenz}} = \frac{M}{R} \times \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}$$

wobei  $\alpha$  der Hinterlegungswinkel ist.

Solange die in der Schaltaktorik wirkende Kraft kleiner ist als die Kraft  $F_{H \text{ Grenz}}$ , wird zwischen dem Elektromotor und der Schaltverzahnung nur die vorhandene Elastizität gespannt.

Die Gangruhelage läßt sich nun folgendermaßen bestimmen:

#### 1. Schritt

Bei eingelegtem Gang wird vom Motor schier ein bekanntes Moment  $M_E$  erzeugt, wodurch an der Schiebemuffe eine Kraft  $F_E$  in Richtung Endlagenanschlag wirkt. Im Rahmen der Elastizität der Aktorik führt der Elektromotor einen kleinen Drehwinkel aus, bis sich ein Gleichgewicht zwischen dem Motormoment und dem Endlagenwiderstand ergibt. Der gemessene Drehwinkel sei  $\varphi_E$ .

#### 2. Schritt

Bei eingelegtem Gang und belastetem, verspanntem Triebstrang, also voll in Fahrt befindlichem Fahrzeug, wird vom Elektromotor ein Moment  $M_H$  erzeugt, das an der Schiebemuffe eine Kraft  $F_H$  in Richtung Neutralstellung bewirkt. Dabei muß diese Kraft selbstverständlich unter der oben angegebenen Kraft  $F_{H \text{ Grenz}}$  bleiben. Solange das der

Fall ist, wird die Aktorik wiederum gespannt und am Elektromotor ein Drehwinkel  $\varphi_H$  in Gegenrichtung gemessen.

### 3. Schritt

Die vom Elektromotor erzeugten Momente  $M_E$  und  $M_H$  lassen sich durch eine definierte Ansteuerung des Elektromotors über die Treiberschaltung bzw. Endstufe genau vorgeben. Die Elastizität der Aktorik ist bekannt. Damit läßt sich durch einfachen Dreisatz die Position ermitteln, in der die Aktorik kraftfrei ist. Diese Position entspricht der abzuspeichernden Gangruhelage.

Alternativ läßt sich die Gangruhelage näherungsweise auch durch Ermittlung des Drehmomentnulldurchgangs des Elektromotors durch Auswertung des Motorstroms oder des pulsweitenmodulierten Spannungssignals bestimmen.

Die Elastizität der Aktorik ist eine Auslegungsgröße des Systems und somit konstruktiv bedingt Eingang. Experimentell kann die Elastizität durch Auswerten des berechneten Motormoments gegenüber dem Drehwinkel des Motors ermittelt werden.

Die Gangruhelage kann alternativ auch dadurch ermittelt werden, daß der Motor in beide Richtungen mit gleichen Momenten angetrieben wird und anschließend eine Mittelwertbildung erfolgt.

Da die Gangruhelagen neben den Synchronpunkten wichtige charakteristische Orte der Betätigungsgeometrie sind, ist die anhand der Fig. 32 und 33 geschilderte Vorgehensweise besonders vorteilhaft.

Im folgenden werden charakteristische Orte zusammengefaßt, die zur Festlegung der Betätigungsgeometrie besonders vorteilhaft sind. Weiter wird kurz erläutert, wie diese charakteristischen Orte bestimmt werden. Dabei wird als Wählaktor jeweils derjenige der Elektromotoren 4 und 6 (Fig. 1) bezeichnet, der die Wählbewegung des Schaltgliedes 2 hervorruft; als Schaltaktor wird der andere Motor bezeichnet, der die Schaltbewegung herbeiführt.

Messen der Schaltposition, Abtasten in Wählrichtung: Während ein Gang eingelegt ist, verfährt der Wählaktor in beide Richtungen bis an die Anschläge an den Gassenbegrenzungen. Dadurch können die Gassenbreiten und in den Gängen 1, 2, 5 oder R können gleichzeitig der Maximalwählweg (WG1 oder WG2 in Fig. 18) bestimmt werden. Die gemessenen Positionen werden auf Plausibilität überprüft. Wenn die Schaltgassenbreite genügend genau bekannt ist, genügt es, mit dem Wählaktor nur in eine Richtung bis zum Anschlag zu fahren und diese Position zu messen, da dadurch dann die Gassenlage definiert ist.

Messung der Schaltgassenposition, Abtastung in Schalt-  
richtung:

Wenn kein Gang eingelegt ist und die Kupplung geöffnet ist (z. B. Fahrer steht auf der Bremse, Inbetriebnahme) kann der Wählaktor in einer Neutralgasse schrittweise verfahren. Nach jedem Schritt verfährt der Schaltaktor in Richtung Schaltgasse und erkennt, wo Widerstand auftritt (siehe Fig. 24). Es sind auch Verfahren denkbar, die den Meßvorgang verkürzen, wie die Methode der Bisektion (Intervallschachtelung). Wenn die Schaltgassenbreite genügend genau bekannt ist (fester Wert oder aus Messungen zuvor), genügt es, mit dem Wählaktor nur in eine Richtung bis zum Anschlag zu verfahren, da dadurch die Schaltgassenlage definiert ist.

Messen einer Schaltgassenposition während der Gang herausgenommen oder eingelegt wird:

Wird der Gang herausgenommen oder eingelegt, verfährt der Wählaktor und erkennt die Gassenbegrenzung.

Messung des Gesamtwählweges:

Wenn kein Gang eingelegt ist, beispielsweise der Fahrer auf der Bremse steht oder bei Inbetriebnahme, durchfährt der

Wählaktor den gesamten Wählweg und erkennt die Anschlagspositionen. Danach kann unter Steuerung des Mikroprozessors eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt werden, die den Abstand zwischen den Endanschlägen mit der Summe aus gespeicherten Einzelabständen vergleicht.

Messen der Neutralgassenpositionen, Abtasten in Wählrichtung:

Wenn kein Gang eingelegt ist, kann der Schaltaktor in einer Schaltgasse schrittweise verfahren. Nach jedem Schritt verfährt der Wählaktor in Richtung Neutralgasse und erkennt den Anschlag. Auch hierzu sind verkürzende Meßvorgänge möglich, wie die Methode der Bisektion (Intervallschachtelung). Wenn die Neutralgassenbreite genügend genau bekannt ist, reicht es, nur einen Randanschlag zu messen.

Messen der Neutralgassenposition, Abtasten in Schalt-  
richtung:

Wenn kein Gang eingelegt ist, kann der Schaltfinger in der Neutralgasse zwischen zwei Schaltgassen positioniert werden. Durch beidseitiges Verfahren in Schalttrichtung trifft der Schaltfinger auf die Begrenzungen der Neutralgasse. Werden in einer Neutralgasse beide Positionen gemessen, kann die Neutralgassenbreite berechnet werden.

Die Position des Wählaktors, von der aus gemessen wird, ist aus den Minimalschaltbildern bekannt, oder aus vorherigen Messungen. Als Ausgangspunkt kann auch ein Relativmaß für eine gemessene Größe (z. B. Schaltgassenposition) dienen.

Die Position des Wählaktors kann auch durch schrittweises Verfahren durch die Neutralgasse bewegt werden und nach jedem Schritt kann der Aktor in Schalttrichtung die Neutralgassenposition bestimmen. Wenn die Neutralgassenbreite genügend genau bekannt ist, reicht es, nur einen Randanschlag zu messen, um die Lage zu bestimmen.

Neutralabschätzung aus den Gangendlagen oder Gangruhelagen:

Aus zwei gegenüberliegenden Gangendlagenpositionen oder Gangruhelagenpositionen kann durch Mittelwertbildung die Neutralposition zumindest näherungsweise bestimmt werden. Die Endlagen können auch für eine Plausibilitätsprüfung genutzt werden.

Neutralabschätzung aus den Synchronpositionen:

Die Neutralposition kann auch aus zwei sich gegenüberliegenden Synchronpositionen ermittelt werden. Während des Schaltvorgangs kommt der Schaltaktor an der Synchronisation zum Stehen oder wird zumindest sehr langsam. Diese Position ist zwar toleranzbehaftet; sie kann jedoch zur groben Orientierung und Bestimmung der Neutrallage durch Mittelwertbildung dienen.

Alternativ können Synchronpositionen bei geschlossener Kupplung von der Neutralgasse aus angefahren und somit ermittelt werden.

Neutralabschätzung aus Rastierungskräften:

Wenn das Getriebe eine Schaltrastierung in Neutral besitzt, wird die zusätzliche Belastung des Schaltaktors im Bereich um Neutral ermittelt und daraus die Position erkannt. Dies ist allerdings nur bei niedrigen Betätigungsgeschwindigkeiten möglich, da sonst die Geschwindigkeits abhängige Reibung die Rastierkraft verschleift.

Messen der Gassenübergänge:

Messen der Übergänge, Abtasten in Schalttrichtung

Wenn kein Gang eingelegt ist, kann der Wählaktor in einer Neutralgasse schrittweise verfahren. Nach jedem Schritt verfährt der Schaltaktor in Richtung Übergang und erkennt einen Anschlag. Der Meßvorgang kann durch die Methode der Bisektion (Intervallschachtelung) verkürzt werden. Statt schrittweise die Übergänge zu vermessen, besteht auch die Möglichkeit, in eine zuvor für den Wählaktor bestimmte Position zu fahren und von dort aus in Schalttrichtung den

Punkt des Übergangs zu ermitteln. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn die Lage und Form des Übergangs zuvor bekannt sind. Diese können feste, abgespeicherte Werte sein, oder aus vorherigen Messungen stammen.

Messen der Übergänge in Inkrementen in Wählrichtung: Wenn kein Gang eingelegt ist, kann der Schaltaktor in einer Schaltgasse schrittweise verfahren. Nach jedem Schritt verfährt der Wählaktor in Richtung Übergang und erkennt, wo Widerstand auftritt. Der Meßvorgang kann durch die Methode der Bisektion verkürzt werden. Statt schrittweise die Übergänge zu vermessen, besteht die Möglichkeit, in eine zuvor für den Schaltaktor bestimmte Position zu fahren und von dort aus in Wählrichtung die Position des Übergangs zu ermitteln. Dies ist möglich, wenn die Lage und Form des Übergangs zuvor bekannt sind. Diese können fest abgespeicherte Werte sein oder aus vorherigen Messungen stammen.

Messen der Übergänge beim Herausnehmen des Ganges: Während ein Gang herausgenommen wird, verfährt der Wählaktor und erkennt die Gassenbegrenzung. Die Position zum Übergang erkennt der unter Last stehende Wählaktor daran, daß der Motor beschleunigt. Die Position wird erkannt oder mittels Systemgrößen rückgerechnet. Auch aus dem Geschwindigkeitsverlauf des Wählaktors kann auf die Form des Übergangs geschlossen werden.

Übergänge als bekannte Größe:

Die Praxis kann zeigen, daß nach dem Einbau der Aktorik überhaupt kein Messen der Übergänge notwendig ist, wenn diese in Größe, Form und relativer Lage zu bestimmten Positionen bereits bestimmt wurden. Dieses Verfahren ist jedoch im allgemeinen ungenau, da auch die Übergänge toleranz- und verschleißbehaftet sind.

Abtasten in Schalt- und Wählrichtung:

Die vorstehenden Verfahren können kombiniert werden, indem sich beide Aktoren gleichzeitig bewegen.

Messen der Gangendlagen:

Wurde weiter vorne beschrieben

Absolutabgleich:

Alle vorstehend definierten Positionen und Verfahren können zum Absolutabgleich der Inkrementalsensoren der Elektromotoren oder Aktoren genutzt werden, indem bei Überprüfung im Betrieb eine aktuelle Abweichung vom zuvor abgespeicherten Absolutwert festgestellt und der Momentenwert entsprechend korrigiert wird.

Es versteht sich, daß anstelle der Elektromotoren auch Hydraulikantriebe verwendet werden können; daß die Wegsensoren auch nah am Getriebe angebracht sein können, oder daß im Getriebe oder der Kulissee vorgesehene Anschläge unmittelbar elektrische Kontakte schließen können, deren Impulse dem Steuergerät zugeführt werden.

Fig. 34 zeigt schematisch ein Kennfeld eines der in Fig. 1 dargestellten Elektromotoren 4 oder 6. PW bezeichnet die Impulsweite der dem Motor zugeführten Spannungsimpulse; M bezeichnet die Drehzahl des Motors, die aus den von den Sensoren 14 bzw. 16 abgeleiteten Signalen gewonnen werden kann, und  $N_1$  bis  $N_n$  zeichnen Drehmomente, mit denen der Motor belastet wird.

Ein solches Kennfeld ist für jeden der Motoren in der Speichereinrichtung des Steuergerätes 12 abgespeichert.

Anhand der Fig. 35 wird im folgenden ein Vorgang erläutert, bei dem möglichst rasch vom 5. Gang in den 4. Gang zurückgeschaltet werden soll, was beispielsweise für ein plötzliches Überholen erforderlich ist, und dann langsam vom 4. in den 5. Gang geschaltet werden kann, wenn der Überholvorgang beendet ist. Ein Signal, wie schnell oder wie langsam geschaltet werden soll, wird im Steuergerät 12 aus Fahrzeuginformationen hergeleitet, beispielsweise Geschwindigkeit der Betätigung des Gaspedals, Motordrehzahl, Fahrzeuggeschwindigkeit usw.

Das rasche Rückschalten vom 5. Gang in den 4. Gang erfolgt über 4 Wegstrecken, nämlich die Wegstrecke A-B, die Wegstrecke B-C, die Wegstrecke C-D und die Wegstrecke D-E. Das Steuerdiagramm dieses Rückschaltens wird im folgenden anhand der Fig. 36 erläutert.

Es sei angenommen, vom Steuergerät kommt die Information "rasches Rückschalten" vom 5. Gang in den 4. Gang. In Stufe 100 werden dann dem Motor S (Schaltmotor) Impulsweiten modulierte Spannungssignale PW1a zugeführt, wobei 1 die beabsichtigte Drehrichtung des Motors bedeutet und a für die Größe der Impulsweite steht. Gleichzeitig werden dem Motor W (Motor zum Verfahren des Schaltglieds in Wählrichtung) in Stufe 102 Spannungsimpulse PW1b zugeführt. Die Relation der Impulse PW1a und PW1b ist derart gewählt, daß das Schaltglied sich rasch in Richtung A nach B bewegt. Wenn in Stufe 104 aus den Signalen des dem Schaltmotor S zugehörigen Sensors ermittelt wird, daß in Schaltrichtung die Position 0 erreicht ist, wird der Motor S in Stufe 106 ausgeschaltet. Für den Wahlmotor W wird in Stufe 108 festgestellt, ob die Position SG51 (siehe Fig. 18) erreicht ist. Ist dies der Fall, so kann beispielsweise die Spannungsversorgung des Wahlmotors in Stufe 110 verstärkt werden, so daß sich das Schaltglied rasch aus der weißen Mittellinie (beispielsweise Bestandteil des Minimal-schaltbildes) von B nach C bewegt. In Punkt B ist nicht unbedingt eine Korrelationsprüfung erforderlich, da das Ausschalten des Schaltmotors (Stufe 106) wegen der vorhandenen Toleranzen nicht genau zu dem Zeitpunkt erfolgen muß, zu dem mittels des Wahlmotors die Koordinate SG51 erreicht ist.

Wenn in Stufe 112 festgestellt wird, daß mittels des Wahlmotors die Koordinate SG41 erreicht ist, werden beide Motoren in den Stufen 114, 116 mit zueinander in Beziehung stehenden Spannungsimpulsen versorgt, so daß sich das Schaltglied längs der Linie C-D bewegt. Wenn im Schritt 116a festgestellt wird, daß der Synchronpunkt SP4 erreicht ist, wird im Schritt 118 der Wahlmotor W ausgeschaltet, so daß sich die diesbezüglichen Koordinaten des Schaltgliedes nicht weiter verändern. Das Erreichen des Synchronpunktes SP4 kann auf verschiedene Weise festgestellt werden. Beispielsweise kann dieser Synchronpunkt durch die entsprechende Koordinate in Schaltrichtung abgespeichert sein. Er kann auch dadurch erkannt werden, daß sich die Drehzahl des Schaltmotors S vermindert oder daß sich der vom Schaltmotor aufgenommene Strom erhöht.

Wenn anschließend in Stufe 118 festgestellt wird, daß die Schaltdlage EL4 des 4. Ganges erreicht ist, wird in Stufe 122 auch der Motor S ausgeschaltet. Auf diese Weise ist eine rasche Schaltung vom 5. Gang in den 4. Gang erfolgt.

Im folgenden wird der Hochschaltvorgang vom 4. Gang in den 5. Gang erläutert, der nach Auswertung der Bedienungs- und Fahrzeugparameter im Steuergerät 12 langsam erfolgen kann.

In Stufe 140 werden an den Wahlmotor Impulse PW2f gelegt und in Stufe 142 wird gleichzeitig der Schaltmotor S mit Spannungsimpulsen PW2g versorgt. Die 2 bedeutet, daß die Drehrichtungen der Motoren nunmehr umgekehrt sind. Das Schaltglied bewegt sich von E in Richtung F.

Wenn nun in Stufe 144 festgestellt wird, daß das Motor-moment N über einem bestimmten Moment  $N_{S1}$  liegt (Auswertung des Kennfeldes gemäß Fig. 34) oder festgestellt wird, daß die Drehzahl des Motors auf einen Wert von Null abgefallen ist oder festgestellt wird, daß die Stromaufnahme des Motors stark zugenommen hat, wird dies dahingehend gewertet, daß die Schaltgassenbegrenzung SG41 erreicht ist und der Speicherwert der zugehörigen Koordinate wird in Stufe 146 aktualisiert.

Das Schaltglied wird an der Schaltgassenbegrenzung an-

liegend vom Schaltmotor S von F nach G bewegt. In G nimmt das Moment des Motors W plötzlich ab. Wenn das Motormoment N unter dem Wert  $N_{S1}$  aber über einem weiteren vorbestimmten Wert  $N_{S2}$  liegt und die Drehzahl des Motors W über einer vorbestimmten Drehzahl N1 liegt, wird dies dahingehend gewertet, daß sich das Schaltglied längs des Übergangs Ü4R bewegt. Dieser Übergang Ü4R wird in Stufe 150 aktualisiert.

Wenn der Punkt H erreicht wird, fällt das Moment des Motors W plötzlich unter einen vorbestimmten Wert  $N_{S3}$  und steigt die Drehzahl über einen vorbestimmten Wert N2. Dies wird in Stufe 152 dahingehend gewertet, daß der Punkt H erreicht ist, woraufhin in Stufe 154 dem Schaltmotor S Spannungsimpulse für gegengesetzte Drehrichtung zugeführt werden, so daß das Schaltglied gegen den Rand NG22 der Wahlgasse fährt. Wenn in Stufe 156 festgestellt wird, daß das Lastmoment des Wahlmotors M größer als ein vorbestimmter Wert M4 ist und die Drehzahl Null beträgt, wird dies als Anlage am Rand NG22 gewertet, so daß in Stufe 158 die entsprechende Koordinate aktualisiert werden kann und in Stufe 160 der Schaltmotor S ausgeschaltet wird.

Es versteht sich, daß vor jeder Aktualisierung einer durch Anlage des Schaltgliedes einer Begrenzung ermittelten Koordinate eine Elastizitätskompensationsrechnung, wie weiter oben erläutert, in einer Unteroutine durchgeführt werden kann.

Die Flußdiagrammdarstellung endet hier, da sie sich für den weiteren Ablauf des Schaltvorgangs ähnlich darstellt. Der Schaltvorgang verläuft von J nach K, wobei die Anlage an der Wahlgassenbegrenzung WG1 zum erneuten Einschalten des Schaltmotors verwendet wird und bei Erreichen der Neutralgassenbegrenzung NG21 wird der Wahlmotor umgesteuert, bis die Mitte der Schaltgasse SGSR erreicht wird, woraufhin die Schaltung über den Synchronisationspunkt S5 in die Endlage EL5 erfolgt. Alle genannten Werte können während des Schaltvorgangs aktualisiert werden.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß es mit der Erfindung möglich ist, im Bedarfsfall außerordentlich rasche Schaltungen auszuführen, die wegen der genauen Kenntnis der Betätigungsgeometrie möglich sind, und gleichzeitig während langsamer Schaltungen und/oder nicht für ein Schalten aktiviertes Schaltglied 2 die Betätigungsgeometrie laufend neu vermessen und aktualisiert werden kann sowie bei Unstimmigkeiten in Plausibilitätsprüfungen Fehler erkannt werden können.

Gemäß Fig. 38 ist ein Schaltfinger 202 eines nicht dargestellten Schaltgetriebes in an sich bekannter Weise in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen bewegbar, wobei eine Bewegung in Richtung des Doppelpfeils B einen Wahlvorgang herbeiführt und eine Bewegung in Richtung des Doppelpfeils S einen Schaltvorgang herbeiführt.

Dabei müssen die Wahlbewegungen und die Schaltbewegungen derart aufeinander abgestimmt werden, daß sich die Doppel-H-förmige Betätigungsgeometrie ergibt.

In an sich bekannter Weise ist der Schaltfinger 202 starr mit einer Schalt- und Wühlwelle 204 verbunden, die axial verschiebbar und schwenkbar gelagert ist. Für eine axiale Verschiebung der Welle 204 bzw. des Schaltfingers 202 dient ein axial verschiebbarer Block 206, der an seiner Unterseite mit einer Nut versehen ist, in die der Schaltfinger 202 derart eingreift, daß der Schaltfinger 202 relativ zum Block 206 verschwenkbar ist, aber in axialer Richtung der Welle 204 vom Block 206 mitgenommen wird. Für eine Verschwenkung ist mit der Welle 204 drehfest, jedoch axial verschiebbar, ein Arm 208 verbunden, der nach oben offene Nuten aufweist, in die ein Zapfen 210 eines Blocks 212 eingreift, der axial verschiebbar ist. Eine axiale Verschiebung des Blocks 212 führt somit zu einer Schaltbewegung des

Schaltfingers 202, eine axiale Verschiebung des Blocks 206 zu einer Wühlbewegung. Für eine axiale Verschiebung der Blöcke 206 und 212 ist eine Betätigungseinrichtung 214 mit zwei ähnlich aufgebauten Antriebseinrichtungen 216 und 218 vorgesehen.

Jede Antriebseinrichtung weist als Aktor einen Elektromotor 220 auf, der über ein Schneckengetriebe 222 mit Schnecke 224 und Schneckenrad 226 mit Schubkurbeln 228 verbunden ist, die wiederum über linear geführte Bauteile 230, die beispielsweise Hydraulikgeberzylinder oder Enden von Bowdenzügen sind, mit den Blöcken 206 bzw. 212 verbunden sind. Zur Unterstützung der Antriebseinrichtungen 216 und 218 können Kraftspeicher 232 integriert sein. Die Drehung der Schnecken 222, die über die Übersetzungsverhältnisse in fester Beziehung zur Linearbewegung der Bauteile 230 bzw. der Blöcke 206 und 212 steht, wird mit Hilfe von Inkrementalsensoren 234 erfaßt, die bei einer Drehung der Schnecken 224 um jeweils einen vorbestimmten Winkelbetrag einen Ausgangsimpuls abgeben, der zur Erfassung der Drehung ausgewertet wird.

Rechts oben in Fig. 41 ist eine Kupplung dargestellt, die in an sich bekannter Weise eine Ausrückgabel 242 und ein Ausrücklager 244 aufweist. Zum Verschwenken der Ausrückgabel 242 dient ein Betätigungsglied 246, das beispielsweise mittels einer ähnlich wie die Antriebseinrichtungen 216 und 218 aufgebaute Antriebseinrichtung bewegt wird.

Fig. 39 zeigt ein Blockschaltbild für die gesamte Anordnung:

Jeder der Elektromotoren 220 ist über eine Endstufe 250 mit einem Steuergerät 252 verbunden, das einen Mikroprozessor 254 mit integriertem Arbeitsspeicher sowie einen Speicher 256 und Eingabe/Ausgabeinterfaces 258 aufweist. Das Steuergerät weist mehrere Eingänge 260 auf, an denen auch die Inkrementalsensoren 234 liegen.

Der Schaltfinger ist mittels der Elektromotoren 220 und der Anordnung gemäß Fig. 38 in Wühl- und Schaltrichtung bewegbar.

Fig. 40 zeigt ein Ausführungsbeispiel für einen Inkrementalsensor 234. Mit der Antriebswelle 262 des Elektromotors ist drehfest ein Polrad 264 verbunden, das längs seines Außenumfangs abwechselnd gepolte Magnetpole aufweist. Diese Magnetpole bewegen sich bei einer Drehung des Polrades 264 beispielsweise an einem Spulenelement 266 vorbei, das an seinen Anschlüssen 268 jedes Mal einen Spannungsimpuls liefert, wenn sich ein Pol an dem Spulenelement 266 vorbeibewegt. Es versteht sich, daß es unterschiedlichste Ausführungsformen von Inkrementalsensoren gibt, beispielsweise mit Reedkontakten arbeitende, optisch arbeitende, optoelektronisch arbeitende usw.

Fig. 41 zeigt schematisch die Schaltung einer Endstufe 250 zum Ansteuern eines Elektromotors 220. Vier Transistoren 270, 272, 274 und 276 sind in einer Brückenschaltung derart mit dem Elektromotor 220 verbunden, daß der Elektromotor 220 je nach Schaltzustand der vom Steuergerät 252 angesteuerten Transistoren in der einen oder der anderen Richtung an der Spannungsquelle 278 liegt oder der Elektromotor von der Spannungsquelle getrennt ist. Somit kann vom Steuergerät 252 her sowohl die Drehrichtung als auch, beispielsweise durch Pulsweitenmodulation der dem Elektromotor 220 zugeführten Spannungsimpulse, die Spannungsversorgung des Elektromotors 220 gesteuert werden. Mittels eines Strommeßwiderstandes 280 kann der Strom und dessen Durchflußrichtung durch den Elektromotor 220 gemessen werden.

Die Fig. 42 bis 45 zeigen verschiedene Ausführungsformen von Kurvengetrieben, die anstelle des Schneckengetriebes 222 der Fig. 38 in der Bewegungsübertragung vom Elektromotor 220 zu einem Betätigungsglied für das Ge-

triebe oder die Kupplung verwendet werden können.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 42 wird eine an einem Ende eines an seinem anderen Ende angelenkten Hebels 222 angeordnete Rolle 284 von einer Feder 286 in Anlage an der Nockenkurve 287 einer drehbar gelagerten und drehangetriebenen Nockenscheibe 288 gehalten. Zwischen dem Drehwinkel  $\alpha$  der Nockenscheibe 288 und dem Drehwinkel  $\beta$  des Hebels 282 besteht eine vorgegebene Beziehung.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 43 ist der Hebel 282 durch einen verschiebbar geführten Stößel 290 ersetzt, so daß zwischen dem Drehwinkel  $\alpha$  der Nockenscheibe 288 und der Verschiebung  $s$  des Stößels 290 eine vorbestimmte Beziehung besteht.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 44 weist ein drehbar gelagerter Zylinder 292 eine Nutkurve 294 auf, in die an einem Ende eines an seinem anderen Ende drehbar gelagerten Hebels 295 angebrachte Rolle 296 eingreift. Zwischen dem Drehwinkel  $\alpha$  des Zylinders 292 und dem Drehwinkel  $\beta$  des Hebels 295 besteht eine vorgegebene Beziehung.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 45 greift in die Nutkurve 294 eine Rolle 296 ein, die an einem Zapfen 298 gelagert ist, welcher wiederum starr an einem Schieber 300 ausgebildet ist. Zwischen der Verschiebung  $s$  des Schiebers 300 und dem Drehwinkel  $\alpha$  des Zylinders 292 besteht eine vorbestimmte Beziehung.

Fig. 46 zeigt die Anordnung gemäß Fig. 44, wobei die Oberfläche des Zylinders 292 abgerollt ist, so daß sich die Nutkurve 294 wie in Fig. 46 darstellt. Erreicht die Rolle den jeweils linken oder rechten Endanschlag A2 oder A1, so ist keine weitere Bewegung des Zylinders 292 bzw. des Hebels 295 möglich. Wenn der Hebel 295 beispielsweise der Arm 208 gemäß Fig. 1 ist, wird mit dem Hebel 295 die Schaltung eines Getriebes betätigt, wobei den unterschiedlichen Endlagen die Schaltung unterschiedlicher Gänge entspricht. Durch das Erreichen der Anschläge sind somit sichere Bezugswerte definiert, auf die ein die Signale der Inkrementensensoren zählender Zähler bei Erreichen der Anschläge, d. h. Stillstand des Aktors gesetzt werden kann. Es versteht sich, daß die Nutkurve 294 zu dem Anschlag A1 und A2 hin schräg und nicht wie im Beispiel achsparallel auslaufen kann.

Die Fig. 47 entspricht der Ausführungsform gemäß Fig. 46 mit dem Unterschied, daß die Anschläge A1 und A2 hier nicht durch eine Nutkurve sondern durch die Nockenkurve 87 gebildet sind, die derart geformt und auf die Anlenkung des Hebels 282 abgestimmt ist, daß in den Anschlägen A1 und A2 eine Selbstsperrung auftritt.

Es versteht sich, daß die Anschläge auch dadurch gebildet sein könnten, daß die Kurvenscheibe in ihren beiden Endlagen gegen einen als Anschlag vorgesehen ortsfesten Zapfen 297 (gestrichelt eingezeichnet) läuft oder anderweitig durch ortsfeste mechanische Anschläge gebildet sein kann.

Ein Vorteil der Ausführungsformen gemäß Fig. 46 und 47, die in vielfältiger Weise abgeändert werden können, liegt darin, daß kein gesonderter Anschlag erforderlich ist, sondern der Anschlag unmittelbar durch die miteinander in Eingriff befindlichen Bauteile definiert wird, wobei die Nockenkurve entweder begrenzt ist oder eine Selbstsperrung auftritt.

Zwischen dem Antriebsmotor 220 (Fig. 38), dessen Drehung unmittelbar vom Inkrementzähler 234 erfaßt wird, und der geometrischen Bewegung des für die Betätigung des Schaltgetriebes maßgeblichen Schaltfingers 202 bestehen meistens Elastizitäten, die zu einer Verfälschung der Zuordnung zwischen der Stellung des Schaltgliedes 202 und dem Zählstand des Inkrementzähler 234 führen. Für ein genaues Abgleichen des Zählstandes auf die Position des Schaltfin-

gers 202 auf das Erreichen eines Anschlags ist es daher erforderlich, diese Elastizität zu berücksichtigen.

Es sei angenommen, daß eine Verschiebung des Schaltfingers bzw. eines Bauteils, das gegen einen Anschlag läuft, um einen Weg  $DS$  eine Änderung des Zählstandes um  $DN$  entspricht, also:

$$DN = DS/f_i \quad (1)$$

wobei das Bewegungsinkrement ist, das den Zählstand um 1 verändert.

Sei nun angenommen, daß die Elastizität in der Bewegungsübertragung zwischen der Stelle, an der der Inkrementzähler mißt, und dem Bauteil, das an einen Anschlag läuft, beträgt:

$$DS_e = F \times C_e \quad (2)$$

wobei  $DS_e$  die Verschiebung eines vom Aktor betätigten Eingangsgliedes ist, die vom Inkrementalsensor unmittelbar umfaßt wird,

$F$  die Kraft ist, mit der ein Bauteil gegen den Anschlag fährt, und  $C_e$  die Elastizität in der Bewegungsübertragung ist.

Die Kraft  $F$ , die in der Bewegungsübertragung vom Aktor zu dem anschlagenden Bauteil vorhanden ist, kann auf verschiedene Weise ermittelt werden:

Beispielsweise kann anhand eines abgespeicherten Motor-kennfeldes aus der Spannungsbeaufschlagung des Motors und der Drehzahl des Motors (z. B. Stillstand) das Motor-moment und damit die Kraft ausgelesen werden oder es kann der durch den Motor fließende Strom gemessen werden und daraus das Drehmoment errechnet werden.

Aus (2) und (1) folgt:

$$DN_e = F \times C_e / f_i \quad (3)$$

Wenn der Zählstand, der bei am Anschlag befindlichem und mit Kraft  $F$  belasteten Bauteil ausgelesen wird,  $N_1$  ist, muß dieser Wert  $N_1$  somit um den Wert  $DN_e$  korrigiert werden, um den aktualisierten Bezugswert  $N_0$  zu erhalten, der den Zählstandzähler bei nicht belastetem Anschlag, d. h. kräftefreier Bewegungsübertragung entspricht.

Es versteht sich, daß der Bezugswert auch so gewählt werden kann, daß die Bewegungsübertragung bei seiner Aktualisierung unter einer vorbestimmten Kraft befindet, wobei dabei die Verhältnisse unter der tatsächlich herrschenden Kraft auf die vorbestimmte Kraft umgerechnet werden, oder der Motor so angesteuert wird, daß sich die vorbestimmte Kraft einstellt.

Eine andere Möglichkeit, einen kräfteunabhängigen Bezugswert zu definieren, liegt beispielsweise darin, daß beide Anschläge A1 und A2 mit gleichen, entgegengesetzten Momenten angefahren werden und als Bezugswert der mittlere Zählstand definiert wird.

Anhand eines Flußdiagramms gemäß Fig. 48 wird im folgenden eine Aktualisierung eines Bezugswertes bzw. ein Nullabgleich erläutert:

Es sei angenommen, daß das Steuergerät 252 anhand von Betriebsdaten des Kraftfahrzeugs einen Schaltbefehl ermittelt, so daß im Schritt 300 pulswidenmodulierte Spannungssignale an den Motor 220 geschickt werden und der Motor mit einer entsprechend der vorbestimmten Pulsweite sich einstellenden Drehzahl anläuft und die Bewegungsübertragungsglieder bewegt. Im Schritt 302 wird laufend überprüft, ob die zeitliche Änderung des Zählstandes  $N$ , der unmittelbar mit der Drehzahl des Motors zusammenhängt, unterhalb eines Schwellwertes  $a_s$  liegt. Ist dies nicht der Fall, so wird der Motor weiter mit Spannungsimpulsen versorgt. Sobald

dies der Fall ist, wird der Zählstand  $N_1$  im Schritt 304 in den Speicher 256 eingelesen, da das Unterschreiten des Schwellwertes  $a_s$  sehr nahe Null liegt, als Erreichen eines Anschlags gewertet wird, so daß  $N_1$  einen Bezugswert darstellt. Im Schritt 306 wird nun die Kraft  $F$  berechnet, die innerhalb der Bewegungsübertragung vom Motor ausgeübt wird, indem beispielsweise der Motorstrom gemessen wird und aus Spannung, Strom und Motorcharakteristik das Motormoment berechnet oder aus einem abgespeicherten Kennfeld ermittelt wird; anschließend wird aus der bekannten Elastizität der Bewegungsübertragung und der nunmehr ermittelten Kraft die Bezugswertkorrektur  $DN_e$  errechnet und ein Wert  $N_1 - DN_e$  als neuer Bezugswert abgespeichert. Anschließend wird im Schritt 308 der Motor ausgeschaltet, da sichergestellt ist, daß die Schaltungsendlage erreicht ist.

Es versteht sich, daß zahlreiche Abänderungen des Verfahrens möglich sind. Beispielsweise kann der Bezugswert auch dadurch gebildet sein, daß das Drehmoment des Motors augenblicklich zunimmt bzw. die Drehzahl augenblicklich abnimmt, wenn eine Rastung oder ein Synchronpunkt überfahren wird.

Die Festlegung des Bezugswertes anhand eines Anschlags, insbesondere wenn dieser Anschlag durch eine Selbstsperrung im Sinne der Fig. 47 oder der Fig. 46 gebildet ist, ist besonders vorteilhaft, da dabei der Motor zum Stillstand kommt, d. h. sein Drehmoment besonders sicher ermittelbar ist, und die geometrische Lage des Anschlags eindeutig definiert ist. Es versteht sich, daß die Korrekturwerte bzw. die jeweils aktualisierten Bezugswerte aus auf Plausibilität geprüft werden können, so daß unnormale Abweichungen als Fehler im System oder Schäden bewertet werden können.

Ein Verfahren zum Lernen charakteristischer Orte der Betätigungsgeometrie eines automatisierten Schaltgetriebes, wobei die Betätigungsgeometrie eine Wahlgasse und mehrere, zueinander beabstandete, zu der Wahlgasse etwa senkrechte Schaltgassen enthält, innerhalb derer ein Schaltglied bewegbar ist, welches von einer Aktuatoreinrichtung unter Steuerung einer lernenden Programmsteuerung in zwei Koordinatenrichtungen bewegbar ist, wobei die Bewegung des Betätigungsgliedes in jede der beiden Koordinatenrichtungen von einem Sensor erfaßt wird, dessen Ausgangssignale der Programmsteuerung als Ortssignale zugeführt werden und in der Programmsteuerung erkannt wird, wenn das Betätigungsglied charakteristische Orte der Betätigungsgeometrie erreicht, wobei in einer Speichereinrichtung der Programmsteuerung die jeweiligen Ortssignale den charakteristischen Orten zugeordnet werden, ist dadurch gekennzeichnet, daß von der Programmsteuerung das Erreichen von innerhalb und außerhalb der Wahlgasse liegenden charakteristischen Orten durch das Schaltglied erfaßt wird, so daß die Betätigungsgeometrie in der Speichereinrichtung insgesamt abgebildet und laufend aktualisiert wird.

Verfahren zum Nullabgleich einer Inkrementalmessung in der Bewegungsübertragung von einem Aktor zu einem Betätigungsglied einer Einrichtung zur Änderung der Übersetzung zwischen einem Antriebsmotor und wenigstens einem Rad eines Kraftfahrzeugs, wobei die Bewegungsübertragung zwischen Aktor und Betätigungsglied mittels eines Inkrementalsensors erfaßt wird, dessen Ausgangssignale gezählt und einer mit einer Speichereinrichtung versehenen Steuereinrichtung zugeführt werden und zur Steuerung des Betriebs des Aktors dienen, wobei einer vorbestimmten Stellung des Betätigungsgliedes ein in der Speichereinrichtung gespeicherter Bezugswert entspricht, welches Verfahren folgende Schritte enthält: Betätigen des Aktors bis das Betätigungsglied eine durch vorbestimmte Änderungen von Betriebsparametern des Aktors in der Steuereinrichtung er-

kannte vorbestimmte Stellung erreicht, Auslesen des der vorbestimmten Stellung entsprechenden Zählstandes und Abspeichern dieses Zählstandes als neuen Bezugswert.

Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbarte Merkmale zu beanspruchen.

In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

Die Gegenstände dieser Unteransprüche bilden jedoch auch selbständige Erfindungen, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

Die Erfindung ist auch nicht auf die Ausführungsbeispiele der Beschreibung beschränkt. Vielmehr sind im Rahmen der Erfindung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente und Kombinationen und/oder Materialien, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den in der allgemeinen Beschreibung und Ausführungsformen sowie den Ansprüchen beschriebenen und in den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten erfinderisch sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Lernen charakteristischer Orte der Betätigungsgeometrie eines automatisierten Schaltgetriebes, wobei die Betätigungsgeometrie eine Wahlgasse und mehrere, zueinander beabstandete, zu der Wahlgasse etwa senkrechte Schaltgassen enthält, innerhalb derer ein Schaltglied bewegbar ist, welches von einer Aktuatoreinrichtung unter Steuerung einer lernenden Programmsteuerung in zwei Koordinatenrichtungen bewegbar ist, wobei die Bewegung des Betätigungsgliedes in jede der beiden Koordinatenrichtungen von einem Sensor erfaßt wird, dessen Ausgangssignale der Programmsteuerung als Ortssignale zugeführt werden und in der Programmsteuerung erkannt wird, wenn das Betätigungsglied charakteristische Orte der Betätigungsgeometrie erreicht, wobei in einer Speichereinrichtung der Programmsteuerung die jeweiligen Ortssignale den charakteristischen Orten zugeordnet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß von der Programmsteuerung das Erreichen von innerhalb und außerhalb der Wahlgasse liegender charakteristischer Orte durch das Schaltglied erfaßt wird, so daß die Betätigungsgeometrie in der Speichereinrichtung insgesamt abgebildet und laufend aktualisiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während einer Bewegung des Schaltgliedes in Wählrichtung die Längsränder der Wahlgasse und/oder die Übergangsbereiche zwischen den Längsrändern der Wahlgasse und den Längsrändern der Schaltgassen ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß während einer Bewegung des Schaltgliedes in Schaltrichtung die Längsränder der jeweiligen Schaltgasse und/oder die Übergangsbereiche zwischen

den Längsrändern der Schaltgasse und den Längsrändern der Wahlgasse ermittelt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Betätigungsglied in der einen Koordinatenrichtung schrittweise mit vorgegebener Schrittweite bewegt wird und nach Beendigung eines Schrittes jeweils in die andere Koordinatenrichtung bis zum Erreichen eines charakteristischen Ortes bewegt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Betätigungsglied unter gleichzeitigen Antrieb in beiden Koordinatenrichtungen längs eines charakteristischen Ortes bewegt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Speichereinrichtung ein Minimalschaltbild gespeichert wird, welches eine Mittellinie der Wahlgasse und eine Mittellinie der Schaltgasse enthält.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Speichereinrichtung ein Minimalschaltbild gespeichert wird, welches eine Mittellinie enthält und vor der Erst- oder Wiederinbetriebnahme oder im Rahmen einer Notstrategie aktiviert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als charakteristische Orte die Enden der Schaltgassen ermittelt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als charakteristische Orte die sich gegenüberliegenden Längsränder der Schaltgassen ermittelt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als charakteristische Orte die sich gegenüberliegenden Längsränder der Wahlgasse ermittelt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß als charakteristische Orte die Übergangsbereiche zwischen den Längsrändern der Wahlgasse und den Längsrändern der Schaltgasse ermittelt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß als charakteristische Orte die Synchronisationspunkte der Schaltungen ermittelt werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelten charakteristischen Orte in der Speichereinrichtung gespeichert werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß aus den ermittelten charakteristischen Orten mathematische Orte errechnet werden, die in der Speichereinrichtung gespeichert werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß aus den ermittelten charakteristischen Orten unter Berücksichtigung der Betätigungskräfte des Schaltgliedes und der Elastizität der mit ihm in Eingriff befindlichen Bauteile charakteristische Orte errechnet werden, die der Stellung des betätigungskraftfreien Schaltgliedes entsprechen.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelten bzw. errechneten charakteristischen Orte für einen Absolutabgleich der Ortssignale, insbesondere bei Inkrementalwegmessung, verwendet werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Erreichen eines charakteristischen Ortes durch das Schaltglied durch eine Ver-

änderung des Zusammenhangs zwischen der Leistungsaufnahme eines Antriebsmotors zur Bewegung des Schaltgliedes und der Bewegungsabgabe des Antriebsmotors erkannt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Erreichen eines charakteristischen Ortes durch das Schaltglied durch eine Veränderung des Zusammenhangs zwischen der Leistungsaufnahme und Leistungsabgabe eines Antriebsmotors erkannt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltglied mittels der Aktuatoreinrichtung zu einem charakteristischen Ort bewegt wird, in welchem seine Weiterbewegung in beiden Koordinatenrichtungen gesperrt ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltglied mittels der Aktuatoreinrichtung zu einem charakteristischen Ort bewegt wird, in welchem seine weitere Bewegung in einer Richtung gesperrt ist und seine Bewegung in entgegengesetzter Richtung erst bei Überschreiten einer bestimmten Betätigungskraft in Gegenrichtung einsetzt, das aus der vorbekannten Elastizität zwischen dem Schaltglied und Bauteilen, mit denen es an dem charakteristischen Ort im Eingriff ist, und den an dem Schaltglied wirkenden Betätigungshälften die Lage des Betätigungskraft freien Schaltgliedes errechnet wird und diese Lage als Lage des charakteristischen Ortes der Betätigungsgeometrie gewertet wird.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei eingelegetem und in der Endlage entlastetem Gang, der Wählaktor die Längsränder der Schaltgassen ermittelt.

22. Vorrichtung zum Lernen charakteristischer Orte der Betätigungsgeometrie eines automatisierten Schaltgetriebes insbesondere nach Anspruch 1, enthaltend ein Schaltgetriebe mit einem längs einer Wahlgasse und mehreren zur Wahlgasse jeweils senkrechten Schaltgassen bewegbaren Schaltglieds, wobei die Wahlgasse und die Schaltgassen zur Betätigungsgeometrie des Schaltgetriebes gehören, eine Antriebseinrichtung zum Bewegen des Schaltgliedes in einer Koordinatenrichtung, einen Ortssensor zum Erfassen der Position des Schaltgliedes in dieser Koordinatenrichtung, eine weitere Antriebseinrichtung zum Bewegen des Schaltgliedes in einer weiteren Koordinatenrichtung, einen weiteren Ortssensor zum Erfassen der Position des Schaltgliedes in der weiteren Koordinatenrichtung, und eine Steuereinrichtung mit einer Prozessoreinheit zum Ausführen verschiedener Programme und einer Speichereinrichtung zum Speichern von entsprechend äußeren Steuersignalen ablaufenden Programmen zur Steuerung der Antriebseinrichtungen und zum Speichern von aus Ausgangssignalen der Ortssensoren hergeleiteten charakteristischen Orten der Betätigungsgeometrie des Schaltgetriebes, welche laufend aktualisiert werden und in die Steuerprogramme für die Antriebseinrichtungen einfließen, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein von einer Schaltungsendlage verschiedener charakteristischer Ort vorhanden ist, bei dessen Erreichen eine Weiterbewegung des Schaltgliedes in beide Koordinatenrichtungen gesperrt ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der charakteristische Ort in Verlängerung der Mittellinie der Wahlgasse liegt.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der charakteristische Ort durch die äußere Begrenzung zwischen der Wahlgasse und einer von der

Wahlgasse nur einseitig wegführenden Schaltgasse gebildet ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der charakteristische Ort durch eine mechanische Rückwärtsgangsperrung gebildet ist.

26. Verfahren zum Nullabgleich einer Inkrementalmessung in der Bewegungsübertragung von einem Aktor zu einem Betätigungsglied einer Einrichtung zur Änderung der Übersetzung zwischen einem Antriebsmotor und wenigstens einem Rad eines Kraftfahrzeugs, wobei die Bewegungsübertragung zwischen Aktor und Betätigungsglied mittels eines Inkrementalsensors erfaßt wird, dessen Ausgangssignale gezählt und einer mit einer Speichereinrichtung versehenen Steuereinrichtung zugeführt werden und zur Steuerung des Betriebs des Aktors dienen, wobei einer vorbestimmten Stellung des Betätigungsgliedes ein in der Speichereinrichtung gespeicherter Bezugswert entspricht, welches Verfahrens folgende Schritte enthält: Betätigen des Aktors bis das Betätigungsglied eine durch vorbestimmte Änderungen von Betriebsparametern des Aktors in der Steuereinrichtung erkannte vorbestimmte Stellung erreicht, Auslesen des der vorbestimmten Stellung entsprechenden Zählstandes und Abspeichern dieses Zählstandes als neuen Bezugswert.

27. Verfahren nach Anspruch 26, wobei der Inkrementalsensor unmittelbar die Stellung des Aktors erfaßt, bei Erreichen der vorbestimmten Stellung die Kraft ermittelt wird, mit der der Aktor auf das Betätigungsglied wirkt, aus der Kraft und der Elastizität zwischen Aktor und Betätigungsglied die Zahl der Inkremente errechnet wird, um die der der vorbestimmten Stellung entsprechende Zählstand für eine vorbestimmte Kraft zwischen Aktor und Betätigungsglied korrigiert werden muß, Korrigieren des Zählstandes um diese Zahl und Speichern des korrigierten Zählstandes als neuen Bezugswert.

28. Verfahren nach Anspruch 26 oder 27, wobei die vorbestimmte Stellung durch einen Anschlag definiert ist.

29. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 26, enthaltend einen Aktor zur Bewegung eines Betätigungsgliedes einer Einrichtung zur Änderung der Übersetzung zwischen einem Antriebsmotor und wenigstens einem Rad eines Kraftfahrzeugs, einen Inkrementalsensor in der Bewegungsübertragung zwischen Aktor und Betätigungsglied, einen Mikroprozessor mit einer Speichereinrichtung enthaltendes Steuergerät dem die Ausgangssignale des Inkrementalsensors zur Umwandlung in Ortsinformation zugeführt werden, zur Steuerung des Aktors und einen Anschlag in der Bewegungsübertragung zwischen dem Aktor und dem Betätigungsglied, der eine Weiterbewegung des Aktors sperrt, wobei das Erreichen des Anschlags durch Änderung von Betriebsparametern des Aktors in der Steuereinrichtung erfaßt wird und die zugehörigen Ortsinformation als Bezugswert in der Speichereinrichtung gespeichert wird.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, wobei der Inkrementalsensor unmittelbar die Bewegung des Aktors erfaßt und der Anschlag die Stellung des Betätigungsgliedes bestimmt.

31. Vorrichtung nach Anspruch 29 oder 30, wobei die Beweglichkeit des Betätigungsgliedes in beide Richtungen durch einen Anschlag begrenzt ist.

32. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder 31, enthaltend eine Einrichtung zur Ermittlung der Kraft, die vom Aktor auf das Betätigungsglied ausgeübt wird, eine Ein-

richtung zur Bestimmung der Anzahl der vom Inkrementalzähler ausgesandten Impulse bei einer Verstellung des Aktors derart, daß er eine vorbestimmte Kraft auf das Betätigungsglied ausübt, und eine Einrichtung zur Korrektur der in der Speichereinrichtung gespeicherten Bezugsstellung mit der Anzahl der Impulse.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 32, wobei der Anschlag durch ein ortsfestes Bauteil für eine Anlage eines in der Bewegungsübertragung zwischen Aktor und Betätigungsglied enthaltenen Bauteils gebildet ist.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 32, wobei der Anschlag dadurch gebildet ist, daß die relative Bewegbarkeit zweier in der Bewegungsübertragung zwischen dem Aktor und dem Betätigungsglied enthaltener Bauteile durch eine an einem der Bauteile ausgebildete und vom anderen Bauteil abgetastete Nockenkurve begrenzt ist.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 34, wobei das Betätigungsglied zum Ausführen eines Schaltvorgangs in einem automatisierten Schaltgetriebe vorgesehen ist.

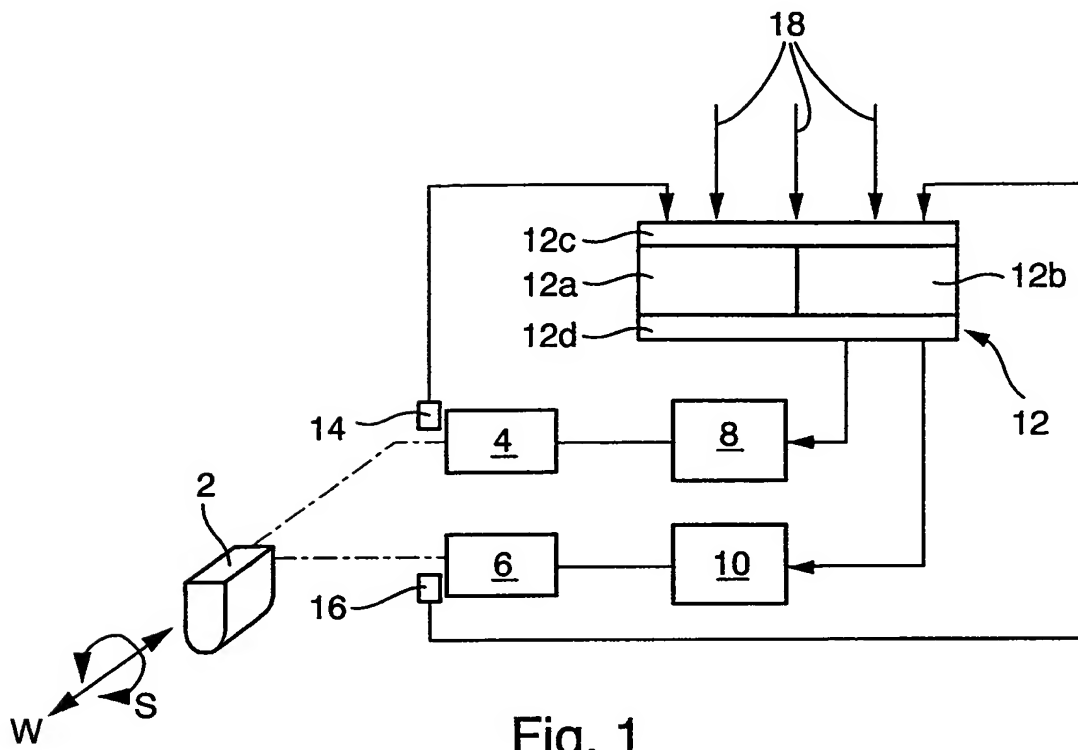
36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 34, wobei das Betätigungsglied zum Ausführen eines Wählvorgangs in einem automatisierten Schaltgetriebe vorgesehen ist.

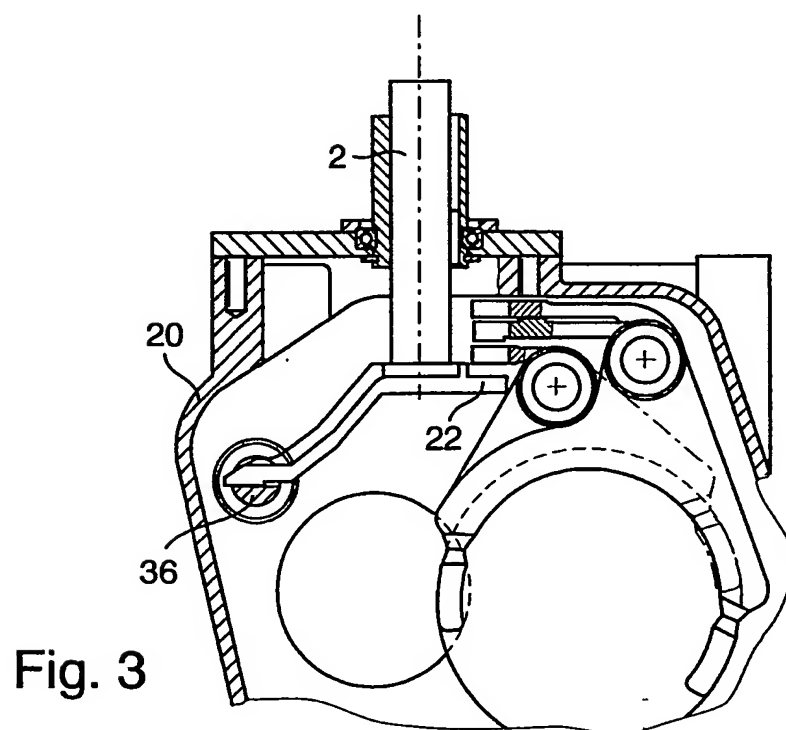
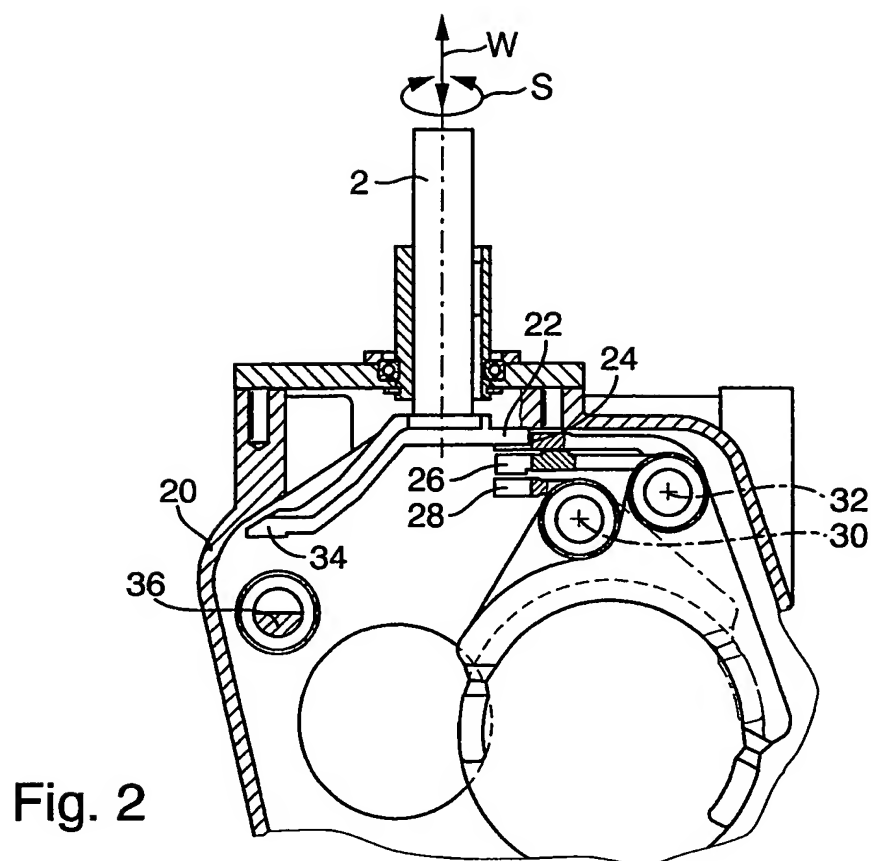
37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 34, wobei das Betätigungsglied zum Betätigen einer Kupplung vorgesehen ist.

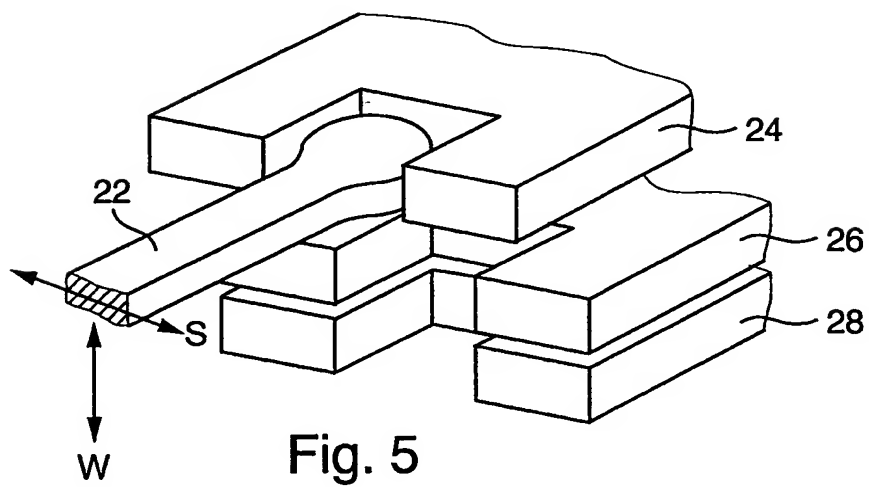
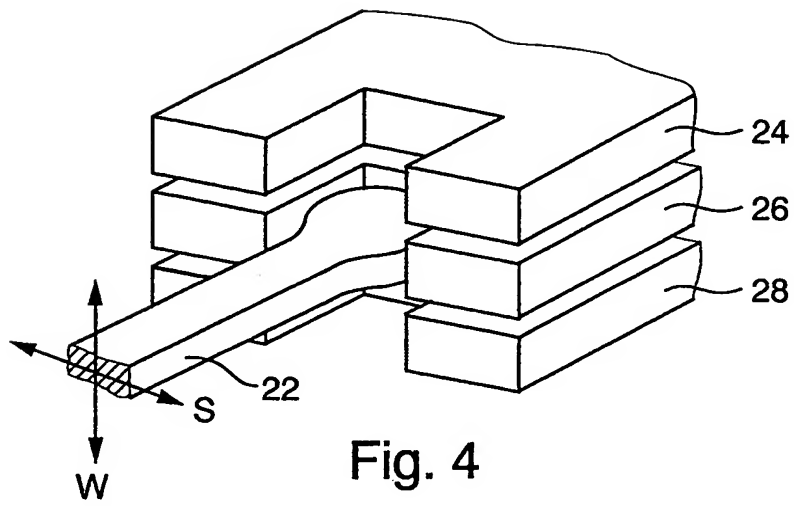
---

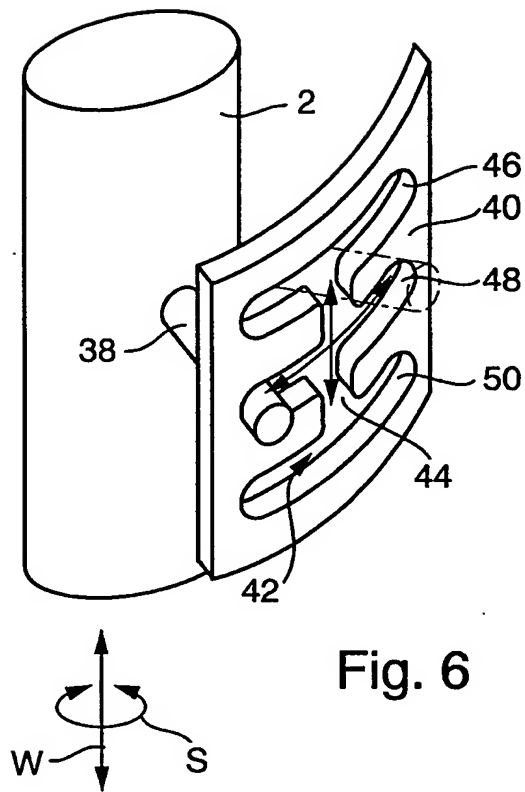
Hierzu 25 Seite(n) Zeichnungen

---









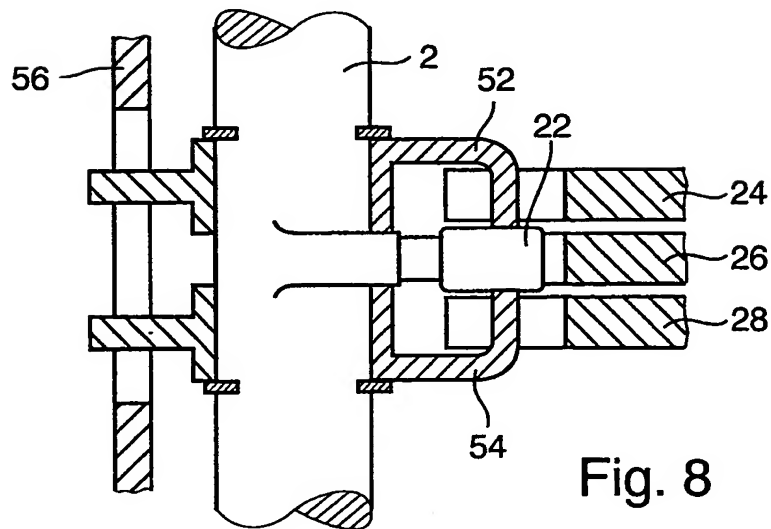
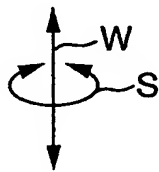
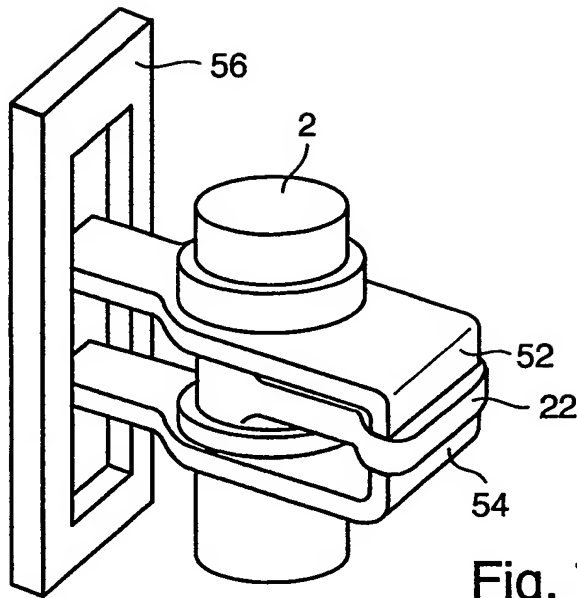


Fig. 9

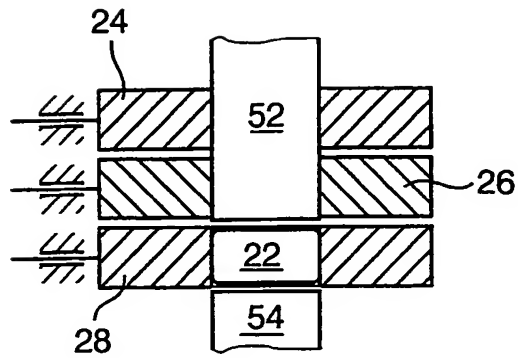


Fig. 10

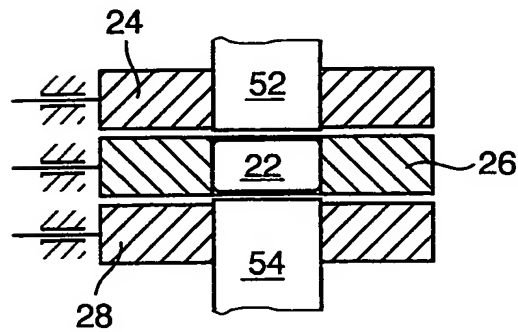


Fig. 11

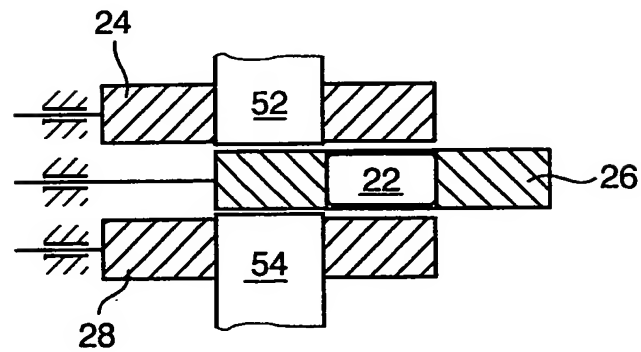
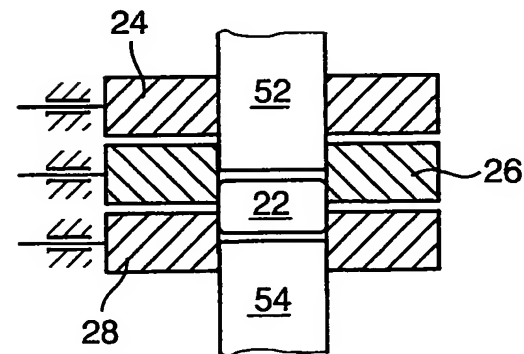


Fig. 12



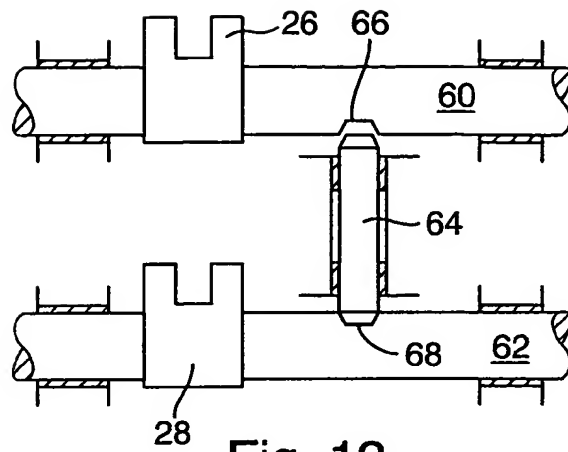


Fig. 13

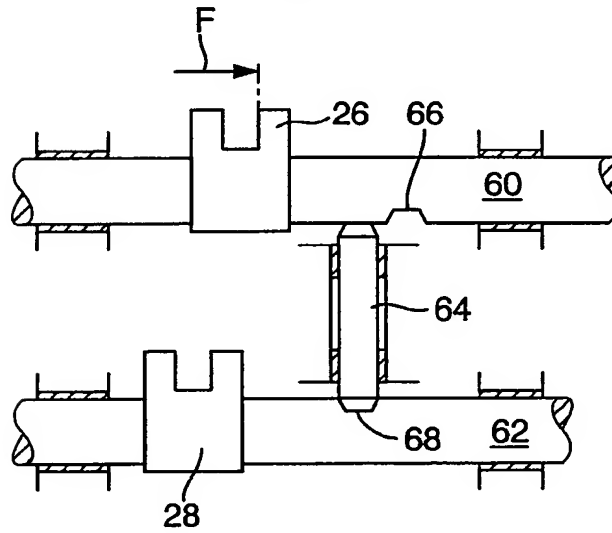


Fig. 14

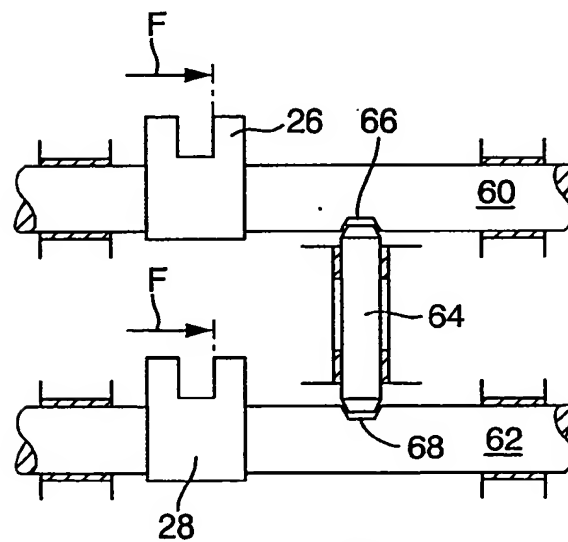


Fig. 15

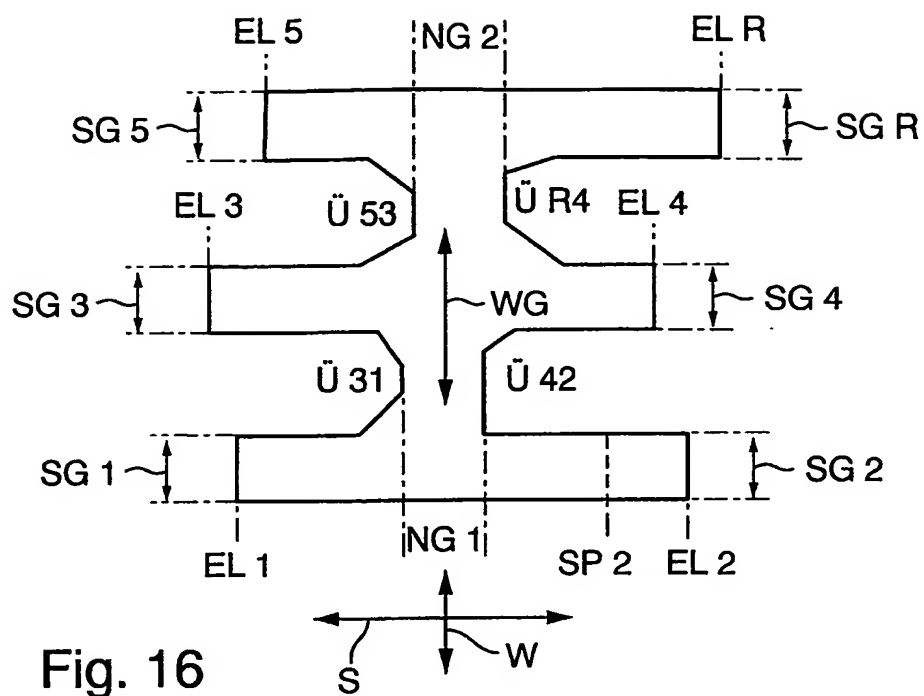


Fig. 16

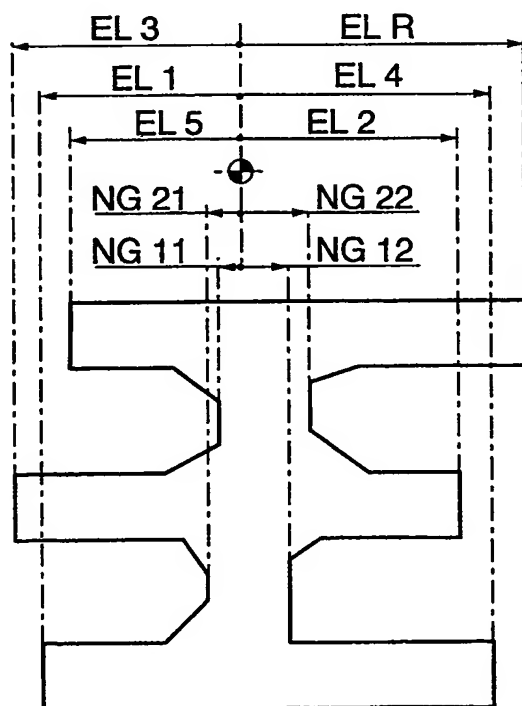


Fig. 17

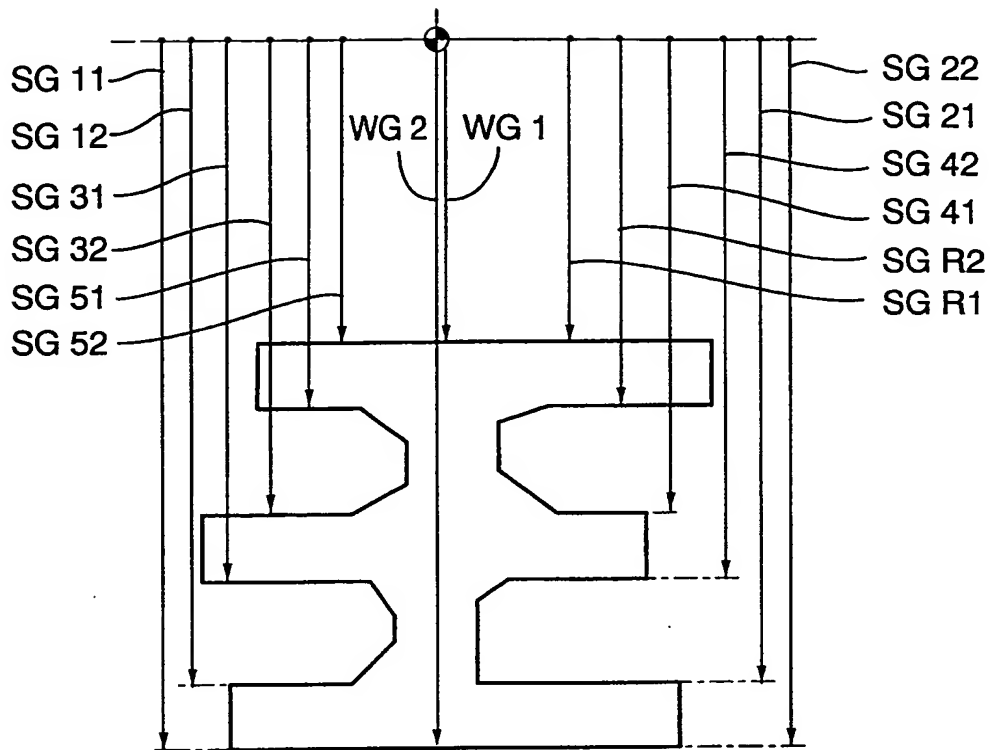


Fig. 18

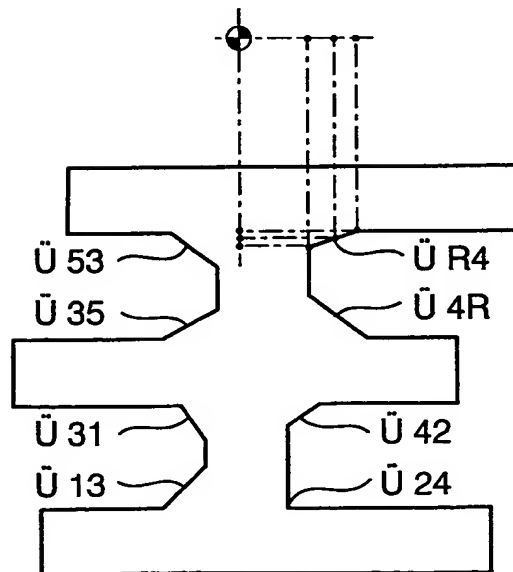


Fig. 19

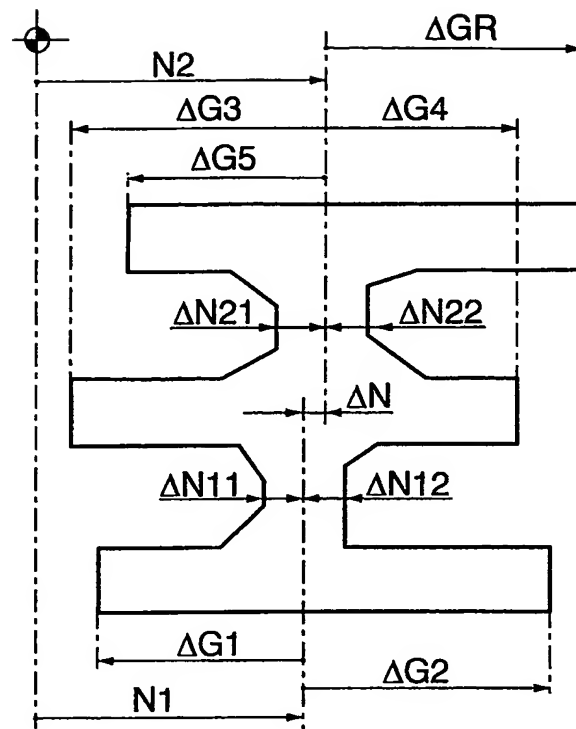


Fig. 20

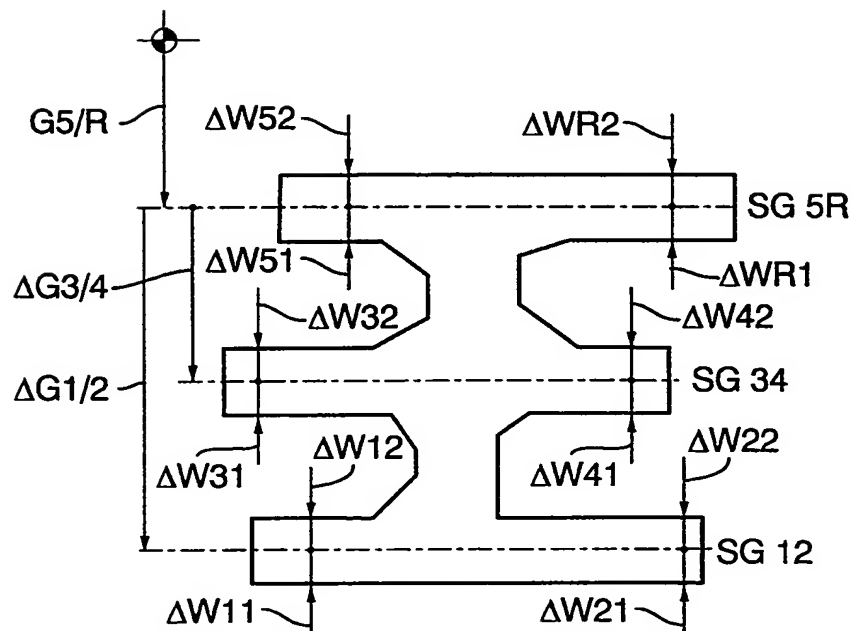


Fig. 21

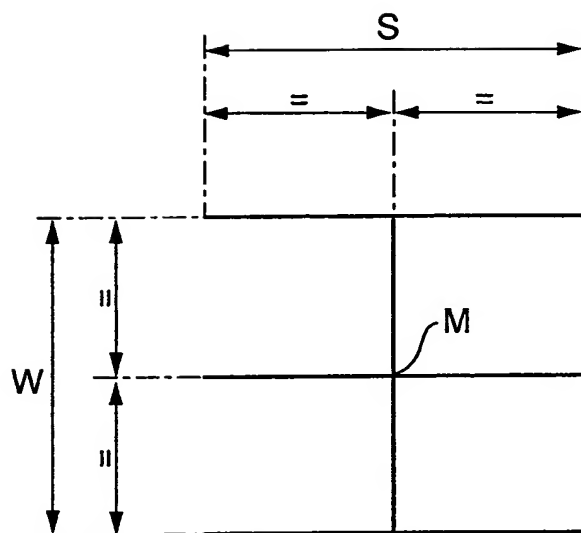


Fig. 22

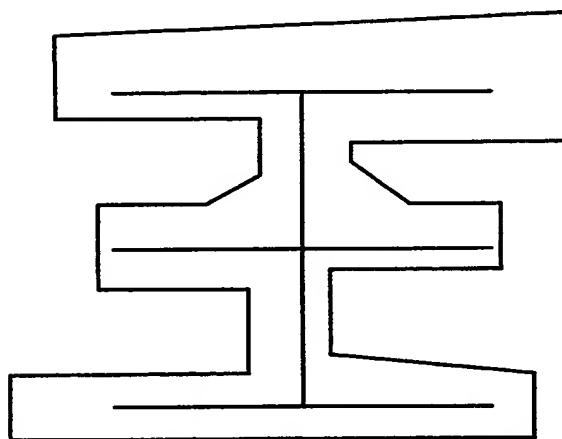


Fig. 23

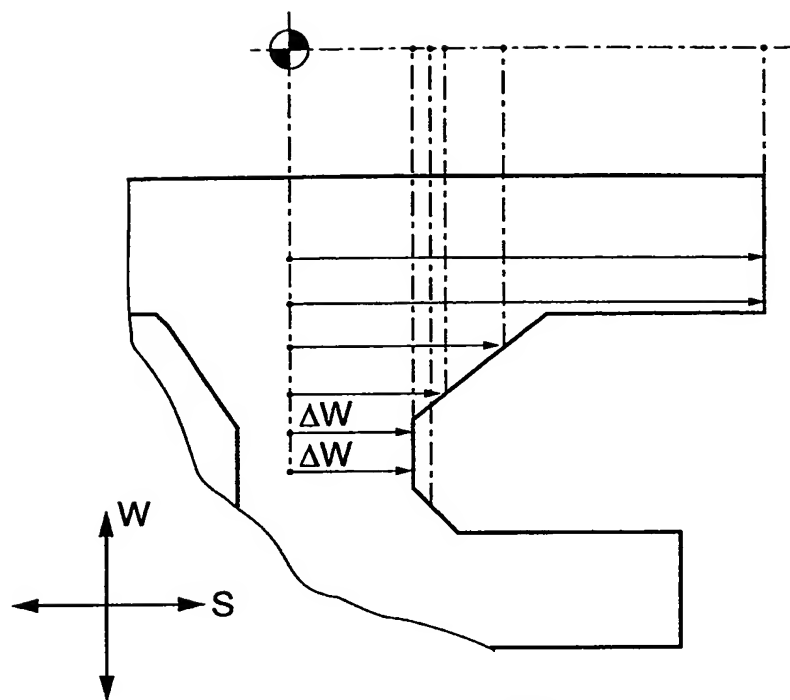


Fig. 24

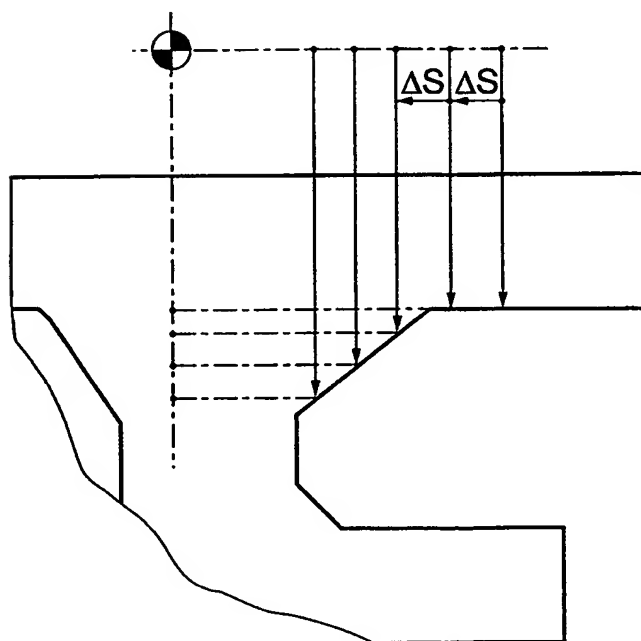


Fig. 25

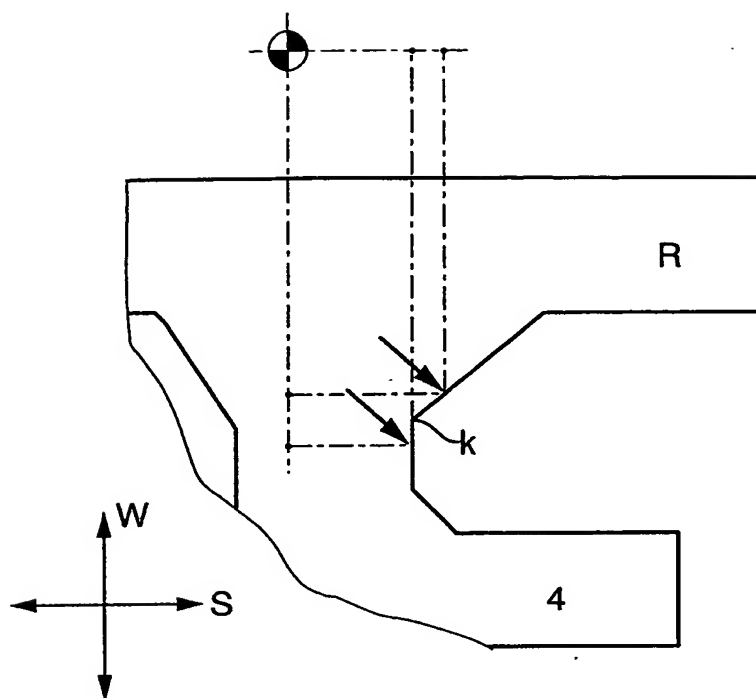


Fig. 26

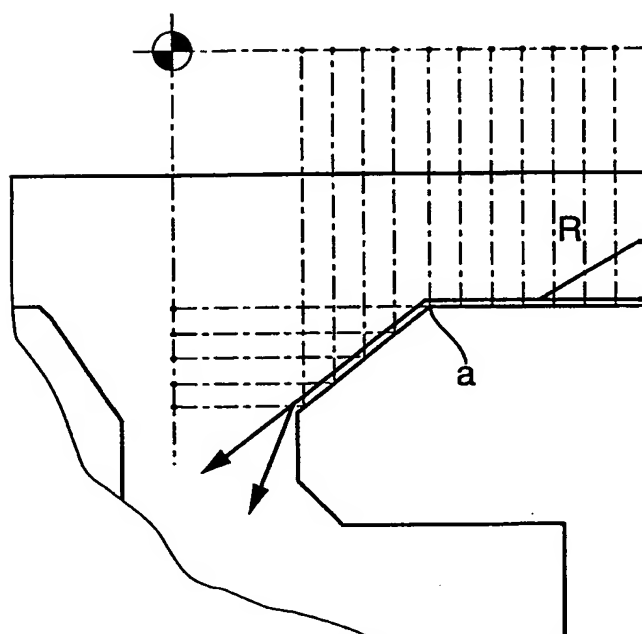


Fig. 27

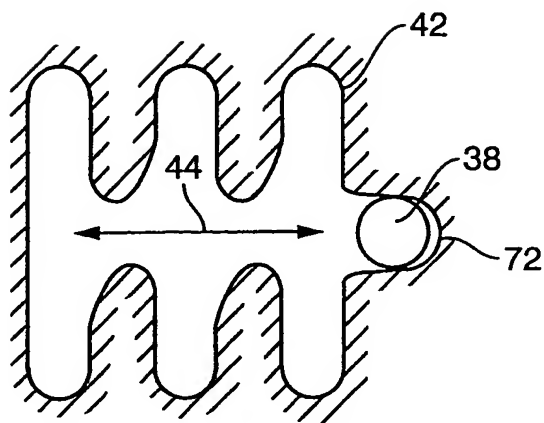


Fig. 28

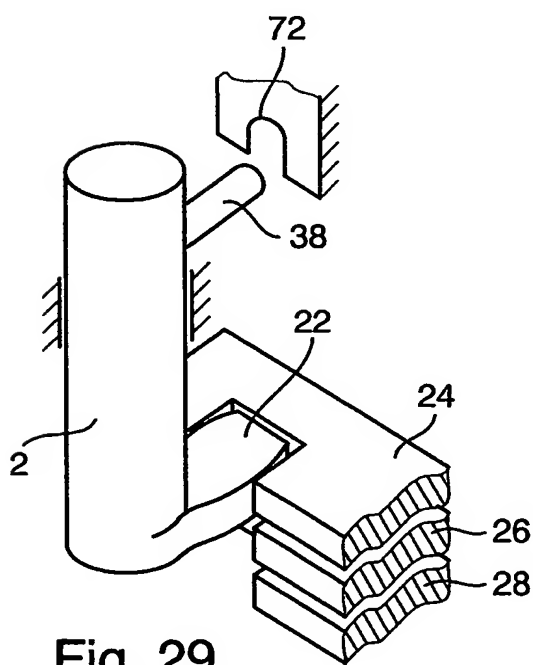


Fig. 29

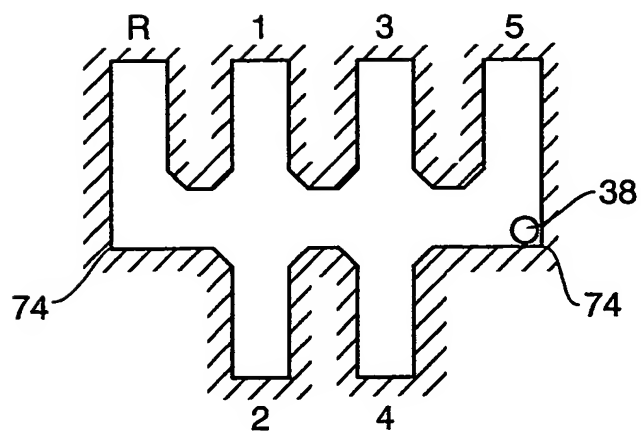


Fig. 30

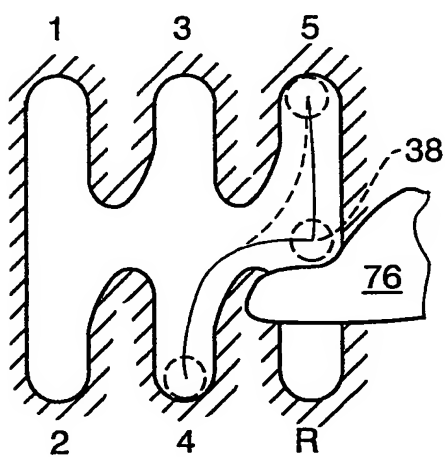


Fig. 31

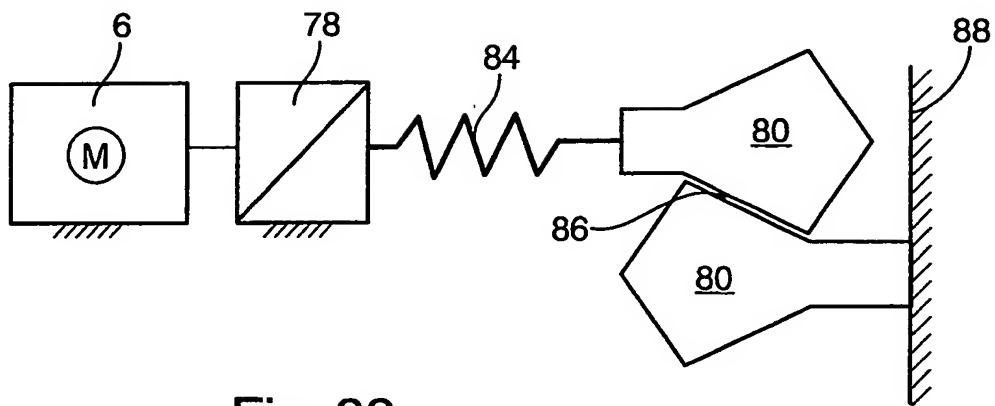


Fig. 32

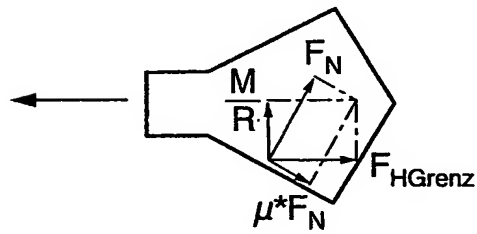
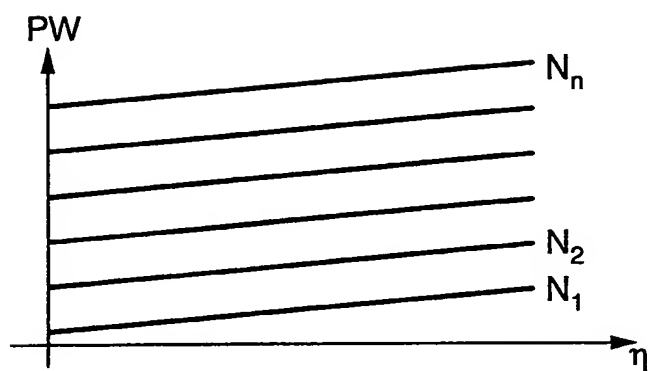
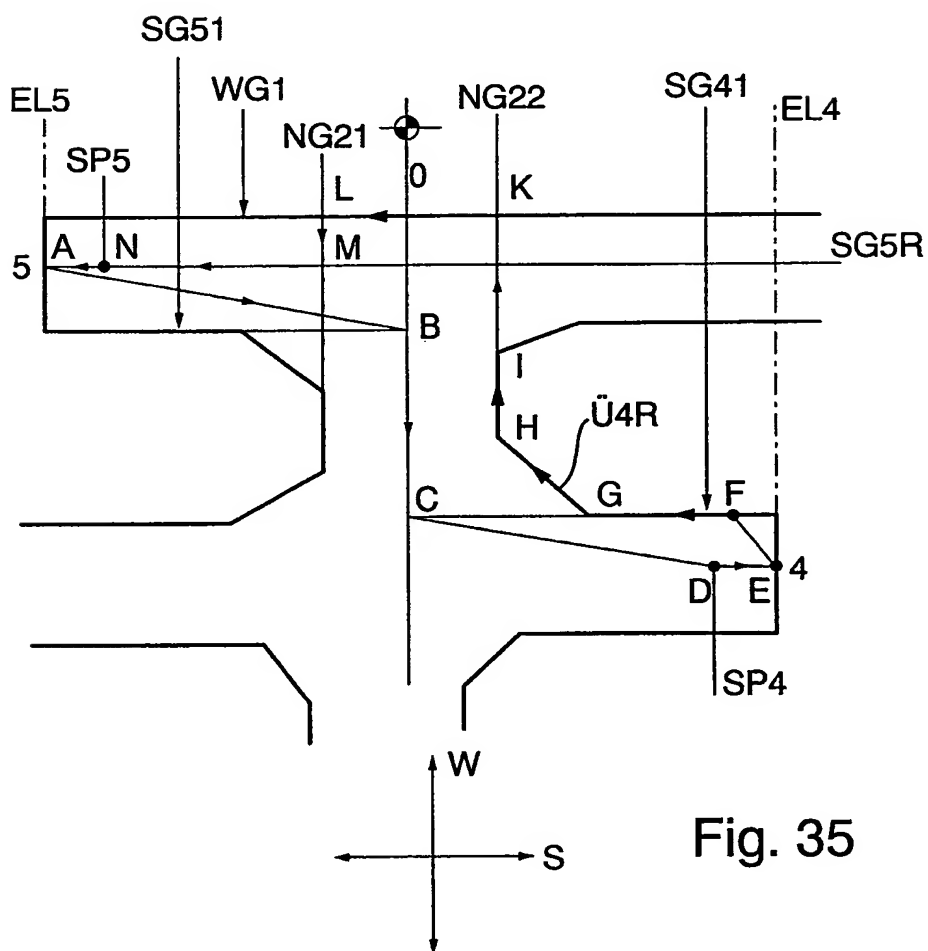


Fig. 33



**Fig. 34**



**Fig. 35**

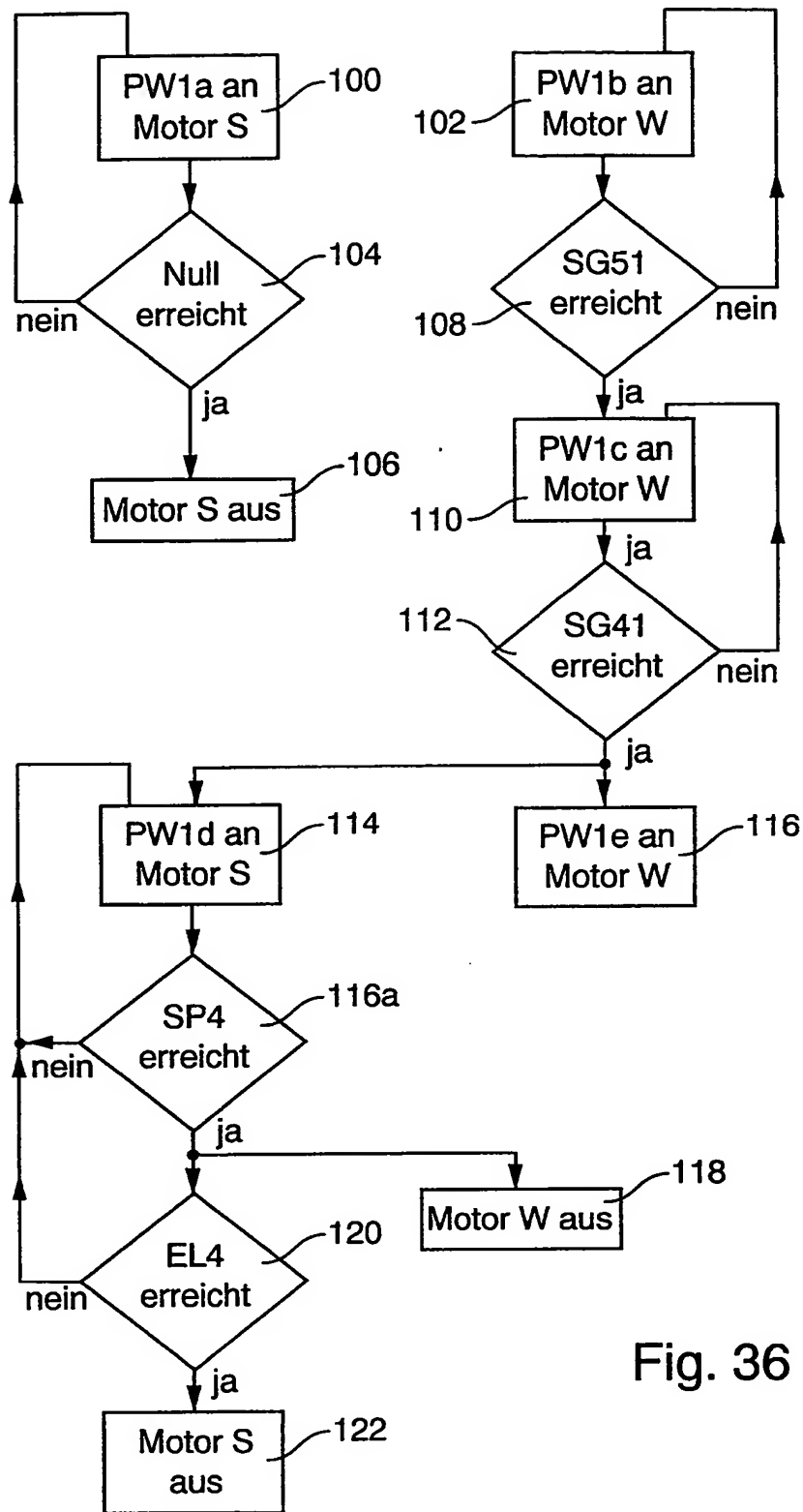


Fig. 36

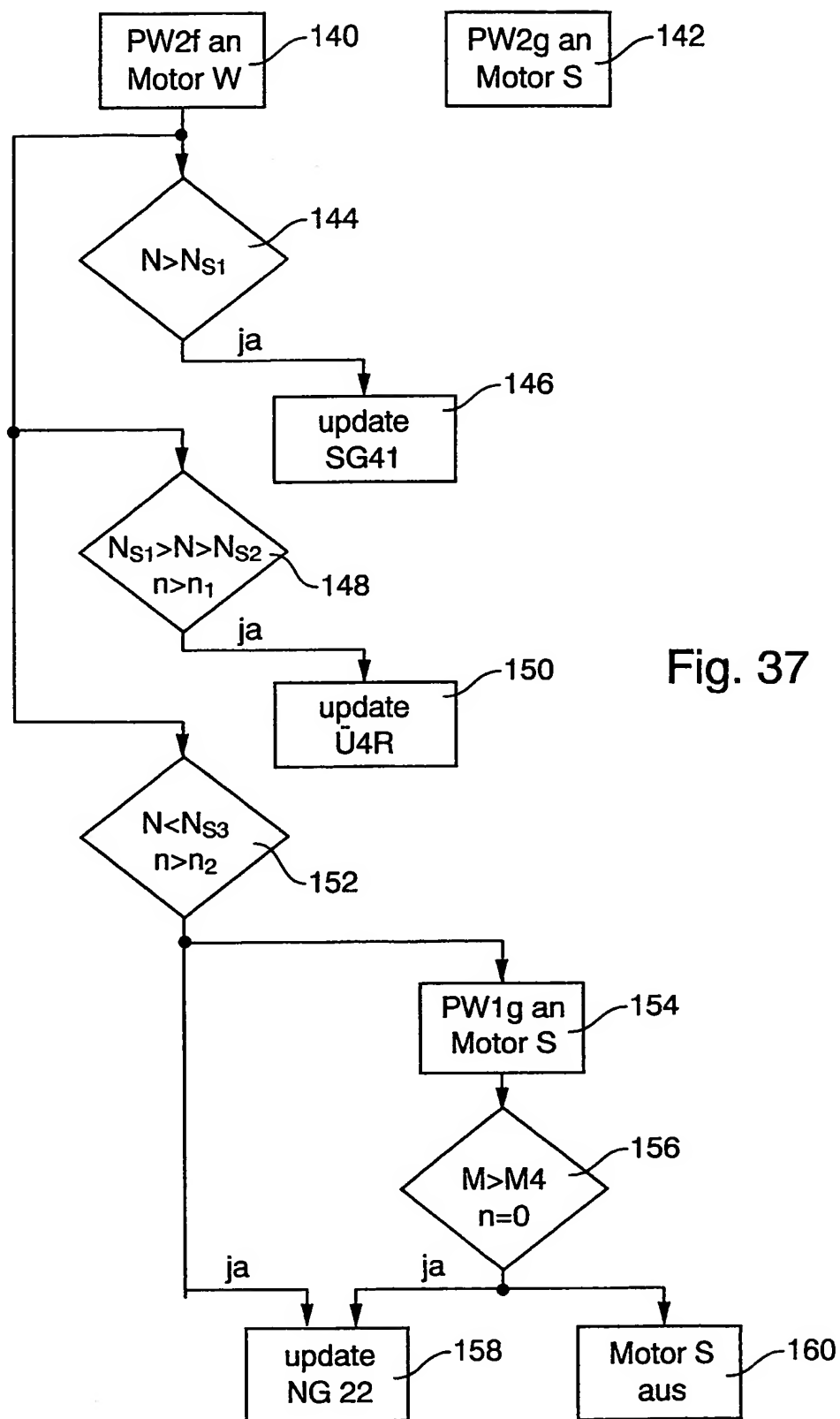


Fig. 37

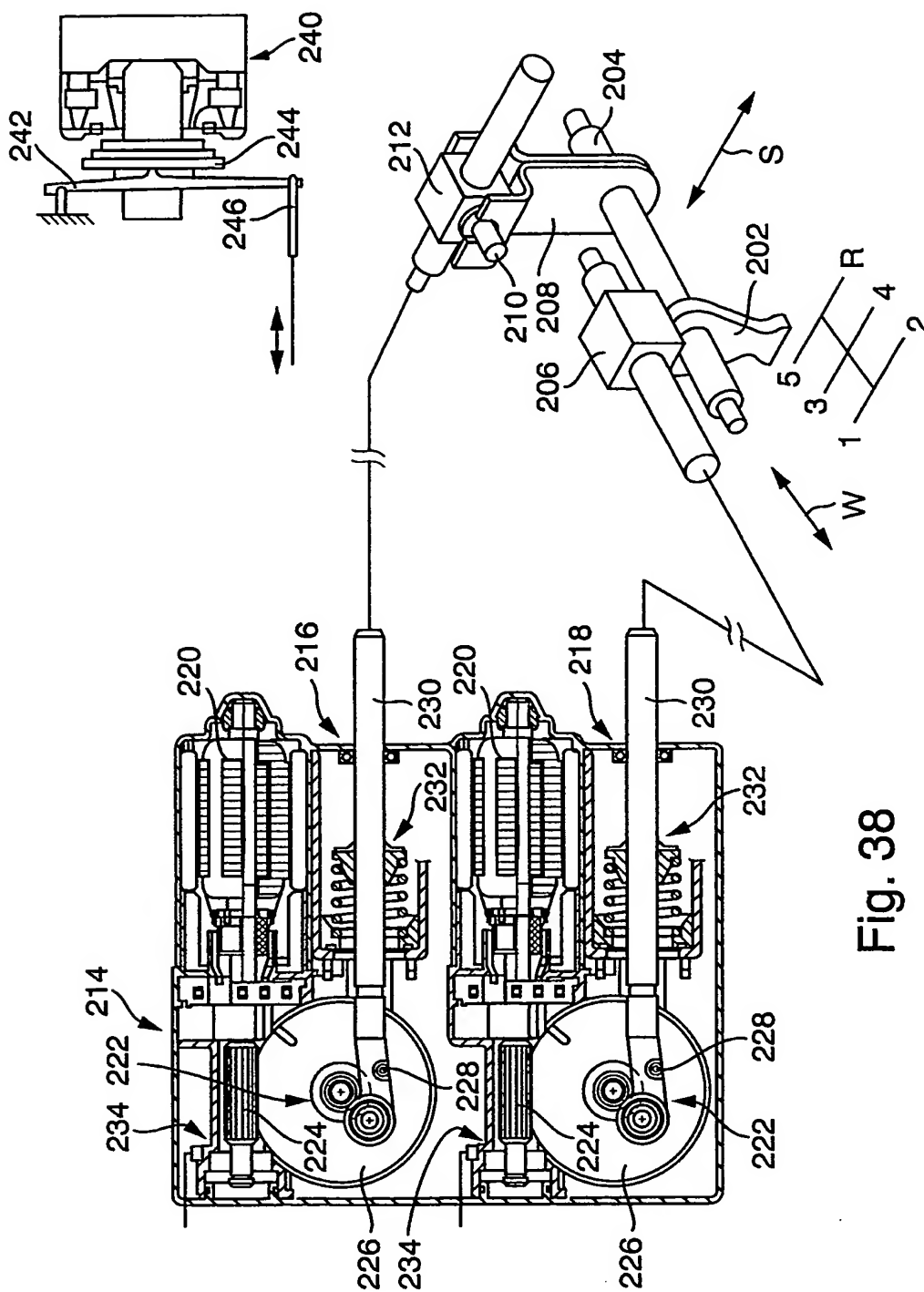


Fig. 38

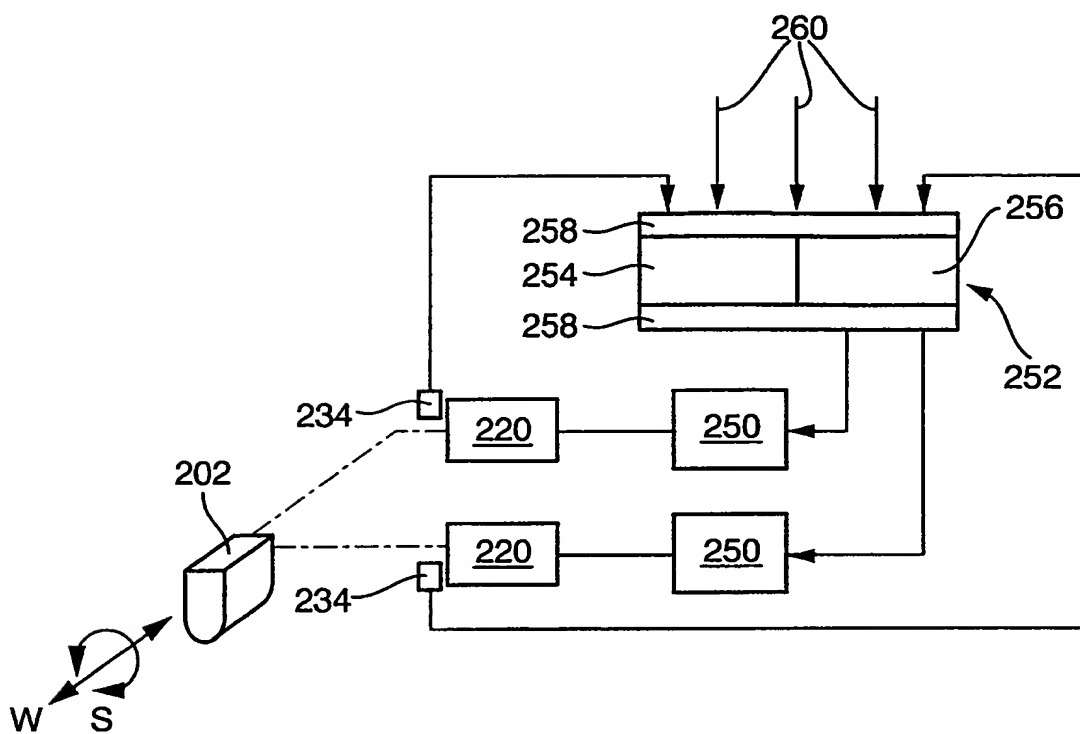


Fig. 39

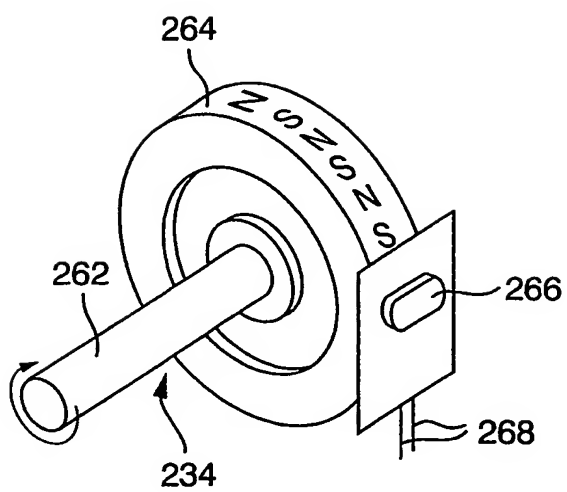


Fig. 40

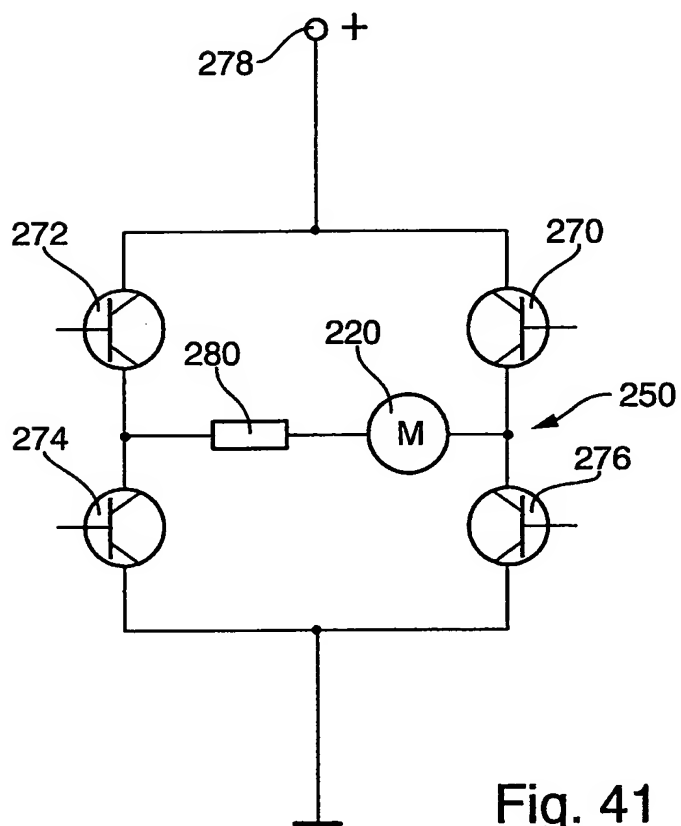


Fig. 41

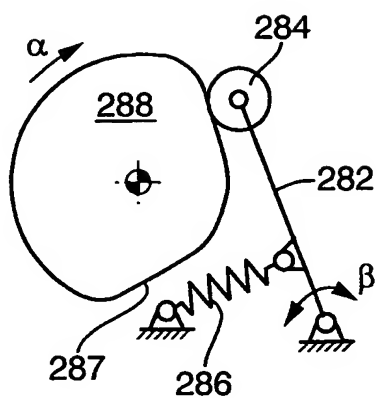


Fig. 42

Fig. 43

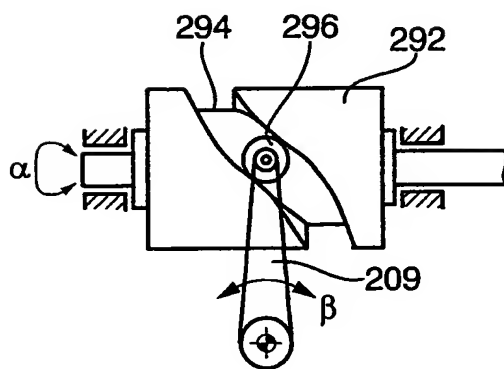
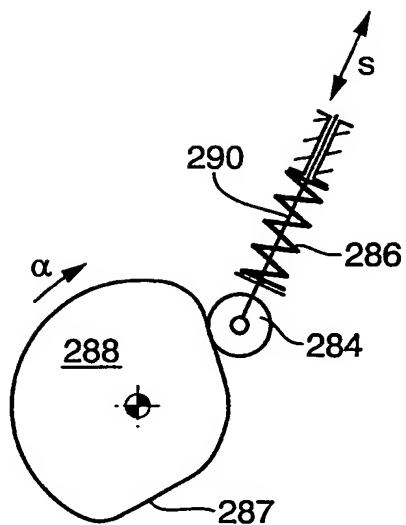


Fig. 44

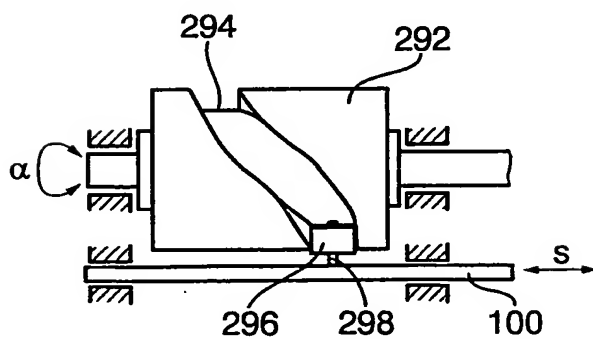


Fig. 45

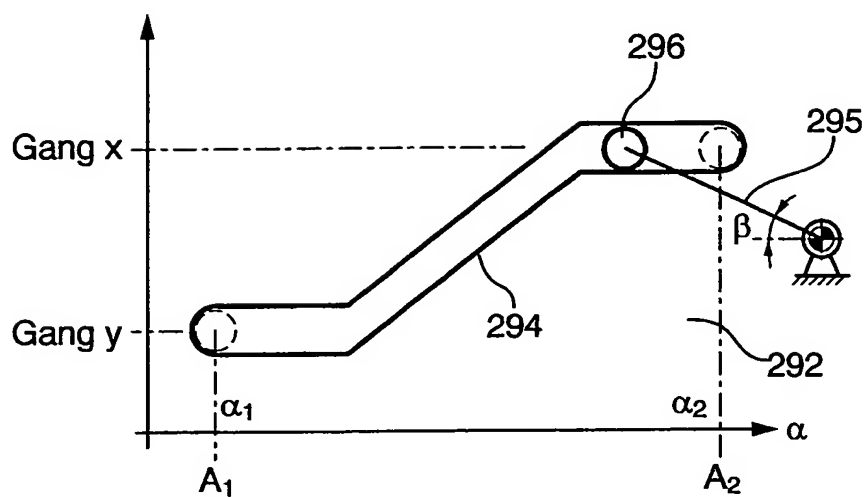


Fig. 46

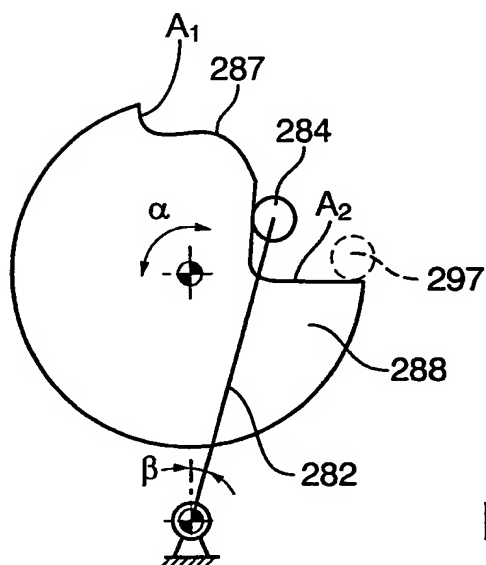


Fig. 47

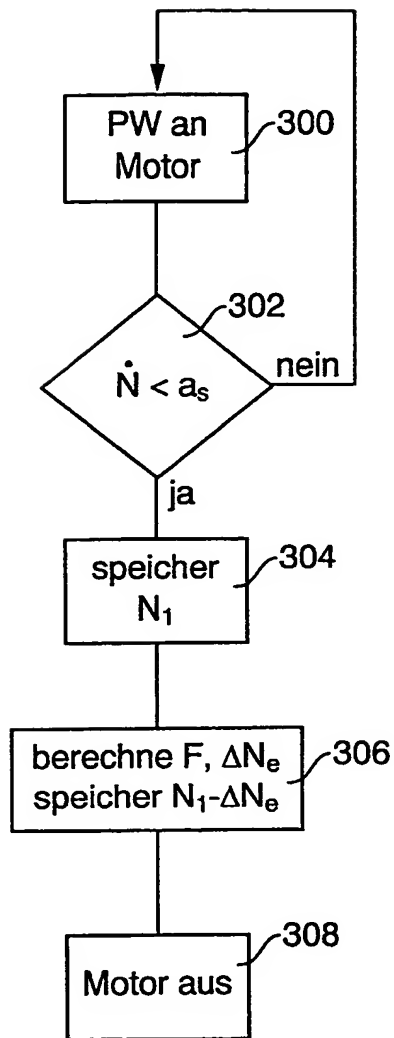


Fig. 48